発電用原子炉施設故障等報告書

平成２６年１０月３１日　東京電力株式会社

件　　名	福島第一原子力発電所 淡水化装置処理水移送配管ダブルストレーナ差圧指示計からの漏えいについて
事象発生の日時	平成２６年　２月　６日１５時０６分 （福島第一規則第１８条第１２号に該当すると判断した日時）
事象発生の場所	福島第一原子力発電所
事象発生の発電用原子炉施設名	汚染水処理設備等　関連設備（移送配管、移送ポンプ等） ＲＯ処理水一時貯槽から処理水バッファタンク及びＣＳＴまで
事象の状況	１．事象発生時の状況 平成２６年２月６日１１時０５分頃、現場パトロール中の協力企業作業員が、淡水化装置で処理した水（以下、「ＲＯ処理水」という。）を原子炉注水用のタンクへ移送する配管に設置されたダブルストレーナの差圧指示計（以下、「当該差圧計」という。）の保温材より、水が漏えいしていることを確認し、同じく漏えい箇所近傍にて現場パトロールを行っていた当社社員が、同日１１時０７分頃、当該差圧計の計装配管にある計器元弁（２弁）を閉操作し、漏えいは停止した。 漏えいした水については、ダブルストレーナ下部に設置してある架台のドレン受けに溜まっていたが、一部がドレン受けより溢水し土壌に染み込んでいることを確認した。 なお、漏えい箇所周辺には架台を囲むように土嚢を設置（直径約２ｍの範囲）しており、漏えい水が土嚢の外側へ流出した形跡がないこと、漏えい箇所近傍にある側溝にも水が流れた形跡がないことを確認した。 また、ＲＯ処理水移送配管及びダブルストレーナに異常はなく、原子炉注水用のタンクへの水補給や原子炉注水系への影響はないことを確認した。 漏えいした水の放射能濃度について、平成２５年１２月１０日に採取したＲＯ処理水の放射能濃度（平成２６年1月１７日公表）を確認したところ、全ベータが２．８×１０^{3}Ｂｑ／Ｌ、トリチウムが４．２×１０^{5}Ｂｑ／Ｌであった。 当該差圧計からの漏えい量は、ＲＯ処理水移送配管に設置してある流量計の指示値の変化量から約６００リットル、漏えい水の放射能量は全ベータで約１．７×１０^{6}Ｂｑ、トリチウムを含めた放射能量は約２．５×１０^{8}Ｂｑであると判断した。 本事象については、当該差圧計から漏えいしたＲＯ処理水が架台ドレン受けより溢水し、土壌に漏えいしたことから、同日１５時０６分に福島第一規則第１８条第１２号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等（気体状のものを除く）が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断した。 その後、漏えいした水の放射能濃度を分析した結果、全ベータが約９．３×１０^{4}Ｂｑ／Ｌ、トリチウムが約３．８×１０^{5}Ｂｑ／Ｌであること、この分析結果から算出した漏えい水の放射能量は全ベータで約５．６×１０^{7}Ｂｑ、トリチウムを含めた放射能量は約２．８×１０^{8}Ｂｑであることを確認した。 ２．応急対策 （１）当該差圧計計装配管への凍結防止用ヒータ取り付け 当該差圧計について、アクリルカバー及び保温材を取り外して状況を確認したところ、ボンネットフランジからＯリングがはみ出している状態であったこと、及び事象発生当日は外気温が低い状態であったことから、外気温の低下に伴う凍結によってボンネットフランジから漏えいした可能性があると考え、念のため、平成２６年２月６日２１時００分頃に当該差圧計の計装配管に凍結防止用のヒータを取り付けた。 なお、当該差圧計本体については、計器元弁を閉していること、今後、取替を行うことからヒータの取り付けは行わなかった。

事 象 の 状 況	（２）漏えい水が染み込んだ土壌の掘削・回収 当該差圧計から漏えいした水の一部が地面の土壌に染み込んだことから、平成２６年２月６日に漏えい箇所周辺の土壌を掘削・回収した。（掘削範囲は約１．８ｍ×約２．０ｍ×深さ約０．３ｍ） また、念のため、２月７日にも掘削範囲を拡げた上で、漏えい箇所周辺の土壌を掘削・回収した。（最終的な掘削範囲は約２．５ｍ×約２．０ｍ×深さ約０．７ｍ、回収した土壌の量は約４m^3） その結果、掘削前の地表面線量が１ｃｍ線量当量率（ガンマ線）で０．１８ｍＳｖ／ｈ、７０μｍ線量当量率（ベータ線）で０．０７ｍＳｖ／ｈであったのに対して、掘削後の地表面線量は１ｃｍ線量当量率（ガンマ線）で０．０１６ｍＳｖ／ｈ、７０μｍ線量当量率（ベータ線）で０．００ｍＳｖ／ｈまで低下した。 なお、回収した土壌については、セシウム吸着塔第一施設東側にある鋼製角形タンク群へ運搬し、鋼製角形タンク内に保管するとともに、別の場所から運んだ土壌にて掘削箇所の埋め戻しを実施した。 ３．環境への影響 漏えい水の一部は土壌に染み込んだものの、漏えい箇所周辺に設置してある土嚢の外側へは流出していないこと、漏えい水が染み込んだ土壌は回収できたことから、漏えい水の海への流出及び放射能による環境への影響はないものと判断した。 ４．状況調査結果 当該差圧計からＲＯ処理水が漏えいした事象について状況を調査した結果、以下のことを確認した。 （１）当該差圧計の外観確認 事象発生当日に当該差圧計の外観を確認した結果、ボンネットフランジに変形（膨らみ）が見られること、及びボンネットフランジに使用しているＯリングがフランジの外側にはみ出していることを確認した。また、当該差圧計の指示値について、漏えい発生時には指針が振りきれた状態であった。 なお、当該差圧計の外側に破損を引き起こしたような形跡は確認されなかった。 （２）漏えい発生状況の確認 漏えい発生前後におけるＲＯ処理水移送配管の流量トレンドを確認した結果、２月６日８時２０分頃より流量が１２．９m^3／ｈから１３．１m^3／ｈに増加し、漏えいが停止した同日１１時０７分に元の値に戻っていることを確認した。 この流量変化については、漏えい発生前はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧によって、ほぼ一定の流量で原子炉注水用のタンクへ移送していたものが、同日８時２０分頃に漏えいが発生したことにより、原子炉注水用のタンクへの移送量に当該差圧計からの漏えい量が加わったことで、ＲＯ処理水移送配管の流量が増加し、その後、当該差圧計の計器元弁を閉操作して漏えいが停止したことで、ＲＯ処理水移送配管の流量が元の値に戻ったものと推定した。 （３）当該差圧計の分解点検 当該差圧計について分解点検した結果、ボンネットフランジ及びダイヤフラムベローズに変形があることを確認した。 また、ボンネットフランジは当該差圧計の外側に向かって変形していること、及びダイヤフラムベローズは高圧側から低圧側に向かって変形していることから、計器内部（高圧側）に何らかの過大な圧力が加わったことにより、変形したものと推定した。 ボンネットフランジのシール部Ｏリングには、ボンネットフランジの変形によってシール部からはみ出した際に生じたと思われる浅い窪みがあることを確認したが、シール部の溝及びＯリングに傷や異物噛み込み等の異常は確認されなかった。 ボンネットフランジボルトにも、ボンネットフランジの変形によって生じたと思われる曲がり及び締め付けの緩みがあることを確認した。 なお、当該差圧計の外側には、外力が加わったことによる傷等や腐食による劣化等の異常は確認されなかった。 状況調査の結果から、当該差圧計の計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより、ボンネットフランジが外側に変形し、シール機能が喪失してＲＯ処理水が漏えいしたものと推定した。

事象の原因	５．原因調査結果 ５－１．当該差圧計の破損原因調査結果 「４．状況調査結果」より、当該差圧計に破損が確認されたことから、破損した原因について要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。 （１）計器選定ミス 当該差圧計の計器仕様を確認した結果、計器の設計圧力（5MPa）はＲＯ処理水移送配管の最高使用圧力（1MPa）を上回っており、計器の耐圧性能に問題ないことを確認した。 また、計器の使用温度範囲は－５℃～４０℃（但し凍結しないこと）であること、及び一般的に使用されている汎用品であり、使用温度範囲が同等の計器は福島第一原子力発電所（以下、「発電所」という。）の屋外でも使用実績があることから、計器選定時には凍結防止対策として保温材を取り付けることで十分であると判断したことを確認した。 以上のことから、計器選定ミスが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 （２）計器製造時の欠陥 当該差圧計の検査証明書を確認した結果、耐圧検査（5MPa）において計器に異常はなかったことから、計器製造時の欠陥が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 なお、当該差圧計を設置（平成２４年１２月）してから事象発生前まで、毎日実施している巡視点検において、当該差圧計に漏えい等の異常は確認されていない。 （３）運転・操作ミスによる過加圧 ＲＯ処理水移送ポンプなどの運転・操作状況を確認した結果、漏えい発生時には移送ポンプは停止しており、ＲＯ処理水の移送はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧（約 0.1MPa）にて行っていたこと、及び漏えい発生前において、ＲＯ処理水移送配管の圧力が変動する（過加圧になる）ような弁操作はしていなかったことから、運転・操作ミスによる過加圧が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 （４）計器の劣化 状況調査で実施した当該差圧計の外観確認及び分解点検において、腐食・脆化等による劣化は確認されなかったことから、計器の劣化が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 （５）外的要因 状況調査で実施した当該差圧計の外観確認及び分解点検において、当該差圧計の外側には破損を引き起こしたような形跡は確認されなかったことから、外力が加わったことが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 一方で当該差圧計の計器内部には、ボンネットフランジ、ダイヤフラムベローズの変形やボンネットフランジボルトの曲がり及び締め付けの緩みなどが確認されており、これらは計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより生じたものであった。 また、これまでの原因調査の中で、ＲＯ処理水移送配管や計器自体に起因した破損は確認されなかったこと、及び当該差圧計の計器内部（高圧側）は内包水がボディーを介して外気と接しており、外気温の影響を受けやすい構造であることから、計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、当該差圧計の破損に至ったものと推定した。 ５－２．計器内部流体の凍結原因調査結果 「５－１．当該差圧計の破損原因調査結果」より、当該差圧計の計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことによって、当該差圧計が破損したと推定したことから、当該差圧計の計器内部流体が凍結した原因について要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。 （１）保温材の損傷・劣化 巡視点検等の実績を確認した結果、平成２５年度の凍結防止対策の一環として実施した現場確認（平成２５年１２月）において、当該差圧計の保温材の一部が剥がれていることを確認し、保温材の修理を実施していたが、その後、事象発生前まで巡視点検等にて保温材の損傷等は確認されていないことから、保温材の損傷・劣化が原因で計器内部流体の凍結に至ったものではないと評価した。

事象の原因	（２）凍結防止対策の選定ミス ａ．凍結防止対策の検討・実施内容確認 当該差圧計における凍結防止対策の検討・実施内容を確認した結果、平成２４年１２月に当該計器を設置するにあたり、平成２４年度の凍結防止対策実施フロー（所管部門作成）に基づき「凍結防止対策要」と判断し、対策として当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを実施していた。 また、翌年も平成２５年度の凍結防止対策実施フロー（発電所全体で作成）に基づき、対策として当該差圧計に取り付けた保温材及び雨風を避けるために設置したアクリルカバーの取り付け状態の確認を実施しており、その際に保温材の一部が剥がれていたことから、当該箇所の修復を実施していた。 ただし、各年度の凍結防止対策実施フローでは、凍結防止対策実施の要否は判断できるものの、凍結防止対策の実施内容（方法）に関する記載はなかったことから、通常の配管と同様、当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを凍結防止対策として実施していたが、当該差圧計が凍結により破損したことから、結果的に凍結防止対策が不十分であったと評価した。 なお、本事象に鑑み１～４号機の廃炉措置に係わる系統について、屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置され、かつ凍結する可能性のある流体を内包している計器類を確認した結果、計装配管等へのヒータ取り付けによる加温、外気との隔離が不十分な建物内における暖房器具の設置、計器内部の水抜きなど、保温材取り付け以外の凍結防止対策が実施されており、当該差圧計のように計器内部の流体が凍結するような計器類はなかったことを確認した。 また、５・６号機の滞留水貯留設備において、屋外に設置されている計器類を確認した結果、当該差圧計と同様、保温材取り付けのみを凍結防止対策としている計器類はあったが、これまで凍結による漏えいは発生していないことを確認した。 ｂ．発電所構内の外気温調査 当該差圧計の計器内部流体の凍結原因を特定するため、発電所構内の外気温について調査した結果、以下のことを確認した。 （ａ）事象発生時の外気温 事象発生時における発電所構内の外気温を調査した結果、事象発生前の２月５日１５時頃から２月６日９時頃にかけて、外気温が氷点下となる状態が続いていた。 特に２月５日２２時頃から２月６日４時頃にかけては、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移しており、２月６日１時頃には当日の最低気温である－６．６℃を記録していた。 （ｂ）当該差圧計設置以降の外気温 当該差圧計を設置した以降の平成２４年度及び２５年度冬季（１２月～翌２月）における発電所構内の外気温を調査した結果、平成２４年度では事象発生時と同じく外気温が－６℃以下となった日は全部で４日あったが、平成２５年度では事象発生時（漏えい発生前日から当日）を除いて外気温が－６℃以下となった日はなかった。 更に平成２４年度及び平成２５年度の冬季において、外気温が－６℃以下となった日の気温の推移を調査した結果、平成２４年度では外気温が－６℃前後で推移した時間はいずれも短かったのに対し、事象発生時は前日夜から当日朝にかけて、外気温が長時間に渡って－６℃前後で推移していた。 なお、当該差圧計を設置した以降から本事象が発生するまで、凍結による漏えいは確認されていない。 以上のことから、事象発生前の前日２２時頃から当日４時頃にかけて、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続し、ボディーを介して外気と接している計器内部流体（高圧側）が凍結したものと推定した。 ６．推定原因 「５．原因調査結果」より、当該差圧計からＲＯ処理水が漏えいした原因は、以下の通りであると推定した。

事象の原因	（１）事象発生時は、前日２２時頃から当日４時頃にかけて外気温が長時間に渡って低い温度（−６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続したため、ボディーを介して外気と接している計器内部（高圧側）に内包されていたＲＯ処理水が凍結して、水の体積が膨張した。 （２）水の体積が膨張したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、ボンネットフランジ及びダイヤフラムベローズが低圧側に変形するとともに、ダイヤフラムベローズが収縮し、当該差圧計の指針が振りきれた。 また、ボンネットフランジが変形したことにより、ボンネットフランジボルトに曲がり及び締め付けのゆるみが生じるとともに、シール部Ｏリングが外側に押されてはみ出した状態となった。 （３）Ｏリングがシール部からはみ出したことでシール機能が喪失し、その後、外気温の上昇によって凍結したＲＯ処理水が溶融して、シール部から漏えいした。
保護装置の種類及び動作状況	なし
放射能の影響	漏えい水の一部は土壌に染み込んだものの、漏えい箇所周辺に設置してある土嚢の外側へは流出していないこと、漏えい水が染み込んだ土壌は回収できたことから、漏えい水の海への流出及び放射能による環境への影響はないものと判断した。
被害者	なし
他に及ぼした障害	なし
復旧の日時	平成２６年　４月　９日１１時００分頃（当該差圧計を新品に交換した日時）
再発防止対策	（１）当該差圧計を新品に交換した。（平成２６年４月９日完了） （２）凍結防止対策として、当該差圧計を含むダブルストレーナ全体を覆う本設カバー（アクリル製）を設置するとともに、カバー内に温風ヒータ（２台）を設置した。（平成２６年６月１７日完了） なお、応急対策として、当該差圧計の計装配管に取り付けた凍結防止用ヒータについては、継続して使用する。 また、当該差圧計から漏えいしたＲＯ処理水が地面の土壌に染み込んだことに鑑み、念のため、ダブルストレーナ周辺に設置していた土嚢をコンクリート製の堰に変更した。（平成２６年６月２３日完了） （３）屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置する計器類のうち、凍結する可能性のある流体を内包している計器類については、凍結防止用ヒータの取り付け、または計器本体及び計装配管内の水抜きを行うこととし、その旨を「凍結防止対策実施フロー」に記載した。（平成２６年９月４日完了） 更に凍結防止対策について明記した「凍結防止対策運用ガイド（仮称）」を廃止措置基本マニュアル及び保守管理基本マニュアルの下位文書として制定する。（平成２６年１１月目途） １〜４号機の廃炉措置に係わる系統については、当該差圧計のように計器内部の流体が凍結するような屋外設置の計器類はなかったことを確認している。 また、５・６号機滞留水貯留設備のうち、当該差圧計と同様に保温材取り付けのみとしていた計器類（３０箇所※）については、追加の凍結防止対策として凍結防止用ヒータの取り付けや計器内部の水抜きを実施する。（平成２６年度冬季前までに実施予定） なお、５・６号機滞留水貯留設備の計器類が設置された周辺には、既にコンクリート製等の堰を設置している。 ※５・６号機滞留水貯留設備で「保温材取り付けのみ」を凍結防止対策としていたのはコンテナ外にある計器３８箇所だが、そのうち８箇所については、平成２５年度の凍結防止対策にて凍結防止用ヒータの取り付けや計器内部の水抜きを実施済みである。

福島第一原子力発電所
淡水化装置処理水移送配管ダブルストレーナ
差圧指示計からの漏えいについて

平成２６年　６月　提出

平成２６年１０月　補正

東京電力株式会社

はじめに

平成２６年２月６日、福島第一原子力発電所構内にて淡水化装置で処理した水を原子炉注水用のタンクへ移送する設備において、移送配管に設置されたダブルストレーナ差圧指示計の保温材より水が漏えいしていることを確認した。

また、漏えいした水の一部がダブルストレーナ下部に設置された架台のドレン受けより溢水し、土壌に染み込んでいることを確認したことから、本事象については、福島第一規則第１８条の規定に基づく事故報告に該当すると判断するとともに、漏えい拡大防止のための応急対策を実施した。

これらの内容等については、原管発官２５第７４９号（2月１４日付け）にて原子力規制委員会へ報告している。

その後、淡水化装置処理水移送配管ダブルストレーナ差圧指示計からの漏えいに関する調査等を行い原因が分析できたこと、それらに対する対策の立案ができたことから、これらの内容等について、運総発官２６第１７５号（６月３０日付け）にて原子力規制委員会へ報告している。

今回の報告書は、６月３０日報告後に実施した原子力規制庁への報告内容の説明を踏まえ、漏えいに関する原因調査、対策等について追記・修正等を行い、補正として報告するものである。

目　次

１．件　名
　福島第一原子力発電所
　淡水化装置処理水移送配管ダブルストレーナ差圧指示計からの漏えいについて

２．事象発生の日時
　平成２６年　２月　６日１５時０６分
　（福島第一規則第１８条第１２号に該当すると判断した日時）

３．事象発生の発電用原子炉施設
　汚染水処理設備等　関連設備（移送配管、移送ポンプ等）
　ＲＯ処理水一時貯槽から処理水バッファタンク及びＣＳＴまで

４．事象発生時の状況
　平成２６年２月６日１１時０５分頃、現場パトロール中の協力企業作業員が、淡水化装置で処理した水（以下、「ＲＯ処理水」という。）を原子炉注水用のタンクへ移送する配管に設置されたダブルストレーナの差圧指示計（以下、「当該差圧計」という。）の保温材より、水が漏えいしていることを確認し、同じく漏えい箇所近傍にて現場パトロールを行っていた当社社員が、同日１１時０７分頃、当該差圧計の計装配管にある計器元弁（２弁）を閉操作し、漏えいは停止した。
　漏えいした水については、ダブルストレーナ下部に設置してある架台のドレン受けに溜まっていたが、一部がドレン受けより溢水し土壌に染み込んでいることを確認した。
　なお、漏えい箇所周辺には架台を囲むように土嚢を設置（直径約２mの範囲）しており、漏えい水が土嚢の外側へ流出した形跡がないこと、漏えい箇所近傍にある側溝にも水が流れた形跡がないことを確認した。
　また、ＲＯ処理水移送配管及びダブルストレーナに異常はなく、原子炉注水用のタンクへの水補給や原子炉注水系への影響はないことを確認した。
　漏えいした水の放射能濃度について、平成２５年１２月１０日に採取したＲＯ処理水の放射能濃度（平成２６年１月１７日公表）を確認したところ、全ベータが２．８×１０^{3}Ｂｑ／Ｌ、トリチウムが４．２×１０^{5}Ｂｑ／Ｌであった。
　当該差圧計からの漏えい量は、ＲＯ処理水移送配管に設置してある流量計の指示値の変化量から約６００リットル、漏えい水の放射能量は全ベータで約１．７×１０^{6}Ｂｑ、トリチウムを含めた放射能量は約２．５×１０^{8}Ｂｑであると判断した。
　本事象については、当該差圧計から漏えいしたＲＯ処理水が架台ドレン受けより溢水し、土壌に漏えいしたことから、同日１５時０６分に福島第一規則第１８条第１２号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等（気体状のものを除く）が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断した。
　その後、漏えいした水の放射能濃度を分析した結果、全ベータが約９．３×１０^{4}Ｂｑ／Ｌ、トリチウムが約３．８×１０^{5}Ｂｑ／Ｌであること、この分析結果から算出した漏えい水の放射能量は全ベータで約５．６×１０^{7}Ｂｑ、トリチウムを含めた放射能量は約２．８×１０^{8}Ｂｑであることを確認した。
（添付資料－１、２、３、４）

５．応急対策

（１）当該差圧計計装配管への凍結防止用ヒータ取り付け

当該差圧計について、アクリルカバー及び保温材を取り外して状況を確認したところ、ボンネットフランジからＯリングがはみ出している状態であったこと、及び事象発生当日は外気温が低い状態であったことから、外気温の低下に伴う凍結によってボンネットフランジから漏えいした可能性があると考え、念のため、平成２６年２月６日２１時００分頃に当該差圧計の計装配管に凍結防止用のヒータを取り付けた。

なお、当該差圧計本体については、計器元弁を閉していること、今後、取替を行うことからヒータの取り付けは行わなかった。

（添付資料－５）

（２）漏えい水が染み込んだ土壌の掘削・回収

当該差圧計から漏えいした水の一部が地面の土壌に染み込んだことから、平成２６年２月６日に漏えい箇所周辺の土壌を掘削・回収した。（掘削範囲は約１．８ｍ×約２．０ｍ×深さ約０．３ｍ）

また、念のため、２月７日にも掘削範囲を拡げた上で、漏えい箇所周辺の土壌を掘削・回収した。（最終的な掘削範囲は約２．５ｍ×約２．０ｍ×深さ約０．７ｍ、回収した土壌の量は約４m^3）

その結果、掘削前の地表面線量が１ｃｍ線量当量率（ガンマ線）で０．１８ｍＳｖ／ｈ、７０μｍ線量当量率（ベータ線）で０．０７ｍＳｖ／ｈであったのに対して、掘削後の地表面線量は１ｃｍ線量当量率（ガンマ線）で０．０１６ｍＳｖ／ｈ、７０μｍ線量当量率（ベータ線）で０．００ｍＳｖ／ｈまで低下した。

なお、回収した土壌については、セシウム吸着塔第一施設東側にある鋼製角形タンク群へ運搬し、鋼製角形タンク内に保管するとともに、別の場所から運んだ土壌にて掘削箇所の埋め戻しを実施した。

（添付資料－６）

６．環境への影響

漏えい水の一部は土壌に染み込んだものの、漏えい箇所周辺に設置してある土嚢の外側へは流出していないこと、漏えい水が染み込んだ土壌は回収できたことから、漏えい水の海への流出及び放射能による環境への影響はないものと判断した。

７．状況調査結果

当該差圧計からＲＯ処理水が漏えいした事象について状況を調査した結果、以下のことを確認した。

（１）当該差圧計の外観確認

事象発生当日に当該差圧計の外観を確認した結果、ボンネットフランジに変形（膨らみ）が見られること、及びボンネットフランジに使用しているＯリングがフランジの外側にはみ出していることを確認した。

また、当該差圧計の指示値について、漏えい発生時には指針が振りきれた状態であった。

なお、当該差圧計の外側に破損を引き起こしたような形跡は確認されなかった。

（添付資料－７－１）

（２）漏えい発生状況の確認

漏えい発生前後におけるＲＯ処理水移送配管の流量トレンドを確認した結果、２月６日

８時２０分頃より流量が１２．９m^3／ｈから１３．１m^3／ｈに増加し、漏えいが停止した同日１１時０７分に元の値に戻っていることを確認した。

この流量変化については、漏えい発生前はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧によって、ほぼ一定の流量で原子炉注水用のタンクへ移送していたものが、同日8時20分頃に漏えいが発生したことにより、原子炉注水用のタンクへの移送量に当該差圧計からの漏えい量が加わったことで、ＲＯ処理水移送配管の流量が増加し、その後、当該差圧計の計器元弁を閉操作して漏えいが停止したことで、ＲＯ処理水移送配管の流量が元の値に戻ったものと推定した。

（添付資料－４）

（３）当該差圧計の分解点検

当該差圧計について分解点検した結果、ボンネットフランジ及びダイヤフラムベローズに変形があることを確認した。

また、ボンネットフランジは当該差圧計の外側に向かって変形していること、及びダイヤフラムベローズは高圧側から低圧側に向かって変形していることから、計器内部（高圧側）に何らかの過大な圧力が加わったことにより、変形したものと推定した。

ボンネットフランジのシール部Oリングには、ボンネットフランジの変形によってシール部からはみ出した際に生じたと思われる浅い窪みがあることを確認したが、シール部の溝及びOリングに傷や異物噛み込み等の異常は確認されなかった。

ボンネットフランジボルトにも、ボンネットフランジの変形によって生じたと思われる曲がり及び締め付けの緩みがあることを確認した。

なお、当該差圧計の外側には、外力が加わったことによる傷等や腐食による劣化等の異常は確認されなかった。

（添付資料－７－２）

状況調査の結果から、当該差圧計の計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより、ボンネットフランジが外側に変形し、シール機能が喪失してＲＯ処理水が漏えいしたものと推定した。

８．原因調査結果

８－１．当該差圧計の破損原因調査結果

「7．状況調査結果」より、当該差圧計に破損が確認されたことから、破損した原因について要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

（添付資料－８）

（１）計器選定ミス

当該差圧計の計器仕様を確認した結果、計器の設計圧力（5MPa）はＲＯ処理水移送配管の最高使用圧力（1MPa）を上回っており、計器の耐圧性能に問題ないことを確認した。

また、計器の使用温度範囲は－５℃～４０℃（但し凍結しないこと）であること、及び一般的に使用されている汎用品であり、使用温度範囲が同等の計器は福島第一原子力発電所（以下、「発電所」という。）の屋外でも使用実績があることから、計器選定時には凍結防止対策として保温材を取り付けることで十分であると判断したことを確認した。

以上のことから、計器選定ミスが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

（添付資料－８－１）

（２）計器製造時の欠陥

当該差圧計の検査証明書を確認した結果、耐圧検査（５MPa）において計器に異常はなかったことから、計器製造時の欠陥が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

なお、当該差圧計を設置（平成２４年１２月）してから事象発生前まで、毎日実施している巡視点検において、当該差圧計に漏えい等の異常は確認されていない。

（添付資料－８－１）

（３）運転・操作ミスによる過加圧

ＲＯ処理水移送ポンプなどの運転・操作状況を確認した結果、漏えい発生時には移送ポンプは停止しており、ＲＯ処理水の移送はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧（約 0.1MPa）にて行っていたこと、及び漏えい発生前において、ＲＯ処理水移送配管の圧力が変動する（過加圧になる）ような弁操作はしていなかったことから、運転・操作ミスによる過加圧が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

（４）計器の劣化

状況調査で実施した当該差圧計の外観確認及び分解点検において、腐食・脆化等による劣化は確認されなかったことから、計器の劣化が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

（添付資料－７－１、７－２、８－２）

（５）外的要因

状況調査で実施した当該差圧計の外観確認及び分解点検において、当該差圧計の外側には破損を引き起こしたような形跡は確認されなかったことから、外力が加わったことが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

一方で当該差圧計の計器内部には、ボンネットフランジ、ダイヤフラムベローズの変形やボンネットフランジボルトの曲がり及び締め付けの緩みなどが確認されており、これらは計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより生じたものであった。

また、これまでの原因調査の中で、ＲＯ処理水移送配管や計器自体に起因した破損は確認されなかったこと、及び当該差圧計の計器内部（高圧側）は内包水がボディーを介して外気と接しており、外気温の影響を受けやすい構造であることから、計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、当該差圧計の破損に至ったものと推定した。

（添付資料－７－１、７－２、８－２）

８－２．計器内部流体の凍結原因調査結果

「８－１．当該差圧計の破損原因調査結果」より、当該差圧計の計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことによって、当該差圧計が破損したと推定したことから、当該差圧計の計器内部流体が凍結した原因について要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

（添付資料－８）

（１）保温材の損傷・劣化

巡視点検等の実績を確認した結果、平成２５年度の凍結防止対策の一環として実施した現場確認（平成２５年１２月）において、当該差圧計の保温材の一部が剥がれていること

を確認し、保温材の修理を実施していたが、その後、事象発生前まで巡視点検等にて保温材の損傷等は確認されていないことから、保温材の損傷・劣化が原因で計器内部流体の凍結に至ったものではないと評価した。

（２）凍結防止対策の選定ミス

ａ．凍結防止対策の検討・実施内容確認

当該差圧計における凍結防止対策の検討・実施内容を確認した結果、平成２４年１２月に当該計器を設置するにあたり、平成２４年度の凍結防止対策実施フロー（所管部門作成）に基づき「凍結防止対策要」と判断し、対策として当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを実施していた。

また、翌年も平成２５年度の凍結防止対策実施フロー（発電所全体で作成）に基づき、対策として当該差圧計に取り付けた保温材及び雨風を避けるために設置したアクリルカバーの取り付け状態の確認を実施しており、その際に保温材の一部が剥がれていたことから、当該箇所の修復を実施していた。

ただし、各年度の凍結防止対策実施フローでは、凍結防止対策実施の要否は判断できるものの、凍結防止対策の実施内容（方法）に関する記載はなかったことから、通常の配管と同様、当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを凍結防止対策として実施していたが、当該差圧計が凍結により破損したことから、結果的に凍結防止対策が不十分であったと評価した。

（添付資料－８－３）

なお、本事象に鑑み１～４号機の廃炉措置に係わる系統について、屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置され、かつ凍結する可能性のある流体を内包している計器類を確認した結果、計装配管等へのヒータ取り付けによる加温、外気との隔離が不十分な建物内における暖房器具の設置、計器内部の水抜きなど、保温材取り付け以外の凍結防止対策が実施されており、当該差圧計のように計器内部の流体が凍結するような計器類はなかったことを確認した。

また、５・６号機の滞留水貯留設備において、屋外に設置されている計器類を確認した結果、当該差圧計と同様、保温材取り付けのみを凍結防止対策としている計器類はあったが、これまで凍結による漏えいは発生していないことを確認した。

ｂ．発電所構内の外気温調査

当該差圧計の計器内部流体の凍結原因を特定するため、発電所構内の外気温について調査した結果、以下のことを確認した。

（ａ）事象発生時の外気温

事象発生時における発電所構内の外気温を調査した結果、事象発生前の２月５日１５時頃から２月６日９時頃にかけて、外気温が氷点下となる状態が続いていた。

特に２月５日２２時頃から２月６日４時頃にかけては、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移しており、２月６日１時頃には当日の最低気温である－６．６℃を記録していた。

（ｂ）当該差圧計設置以降の外気温

当該差圧計を設置した以降の平成２４年度及び２５年度冬季（１２月～翌２月）に

おける発電所構内の外気温を調査した結果、平成２４年度では事象発生時と同じく外気温が－６℃以下となった日は全部で４日あったが、平成２５年度では事象発生時（漏えい発生前日から当日）を除いて外気温が－６℃以下となった日はなかった。
　更に平成２４年度及び平成２５年度の冬季において、外気温が－６℃以下となった日の気温の推移を調査した結果、平成２４年度では外気温が－６℃前後で推移した時間はいずれも短かったのに対し、事象発生時は前日夜から当日朝にかけて、外気温が長時間に渡って－６℃前後で推移していた。
　なお、当該差圧計を設置した以降から本事象が発生するまで、凍結による漏えいは確認されていない。

以上のことから、事象発生前の前日２２時頃から当日４時頃にかけて、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続し、ボディーを介して外気と接している計器内部流体（高圧側）が凍結したものと推定した。

（添付資料－８－４）

９．推定原因

「８．原因調査結果」より、当該差圧計からＲＯ処理水が漏えいした原因は、以下の通りであると推定した。

（１）事象発生時は、前日２２時頃から当日４時頃にかけて外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続したため、ボディーを介して外気と接している計器内部（高圧側）に内包されていたＲＯ処理水が凍結して、水の体積が膨張した。

（２）水の体積が膨張したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、ボンネットフランジ及びダイヤフラムベローズが低圧側に変形するとともに、ダイヤフラムベローズが収縮し、当該差圧計の指針が振りきれた。
また、ボンネットフランジが変形したことにより、ボンネットフランジボルトに曲がり及び締め付けのゆるみが生じるとともに、シール部Oリングが外側に押されてはみ出した状態となった。

（３）Oリングがシール部からはみ出したことでシール機能が喪失し、その後、外気温の上昇によって凍結したＲＯ処理水が溶融して、シール部から漏えいした。

（添付資料－９）

１０．対策

（１）当該差圧計を新品に交換した。（平成２６年4月9日完了）

（２）凍結防止対策として、当該差圧計を含むダブルストレーナ全体を覆う本設カバー（アクリル製）を設置するとともに、カバー内に温風ヒータ（２台）を設置した。（平成２6年6月１７日完了）
なお、応急対策として、当該差圧計の計装配管に取り付けた凍結防止用ヒータについては、継続して使用する。

また、当該差圧計から漏えいしたＲＯ処理水が地面の土壌に染み込んだことに鑑み、念のため、ダブルストレーナ周辺に設置していた土嚢をコンクリート製の堰に変更した。（平成２６年6月２３日完了）

（添付資料－１０－１）

（３）屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置する計器類のうち、凍結する可能性のある流体を内包している計器類については、凍結防止用ヒータの取り付け、または計器本体及び計装配管内の水抜きを行うこととし、その旨を「凍結防止対策実施フロー」に記載した。（平成２６年9月４日完了）

更に凍結防止対策について明記した「凍結防止対策運用ガイド（仮称）」を廃止措置基本マニュアル及び保守管理基本マニュアルの下位文書として制定する。（平成２６年１１月目途）

１～４号機の廃炉措置に係わる系統については、当該差圧計のように計器内部の流体が凍結するような屋外設置の計器類はなかったことを確認している。

また、５・６号機滞留水貯留設備のうち、当該差圧計と同様に保温材取り付けのみとしていた計器類（３０箇所※）については、追加の凍結防止対策として凍結防止用ヒータの取り付けや計器内部の水抜きを実施する。（平成２６年度冬季前までに実施予定）

なお、５・６号機滞留水貯留設備の計器類が設置された周辺には、既にコンクリート製等の堰を設置している。

※5・６号機滞留水貯留設備で「保温材取り付けのみ」を凍結防止対策としていたのはコンテナ外にある計器３８箇所だが、そのうち８箇所については、平成２５年度の凍結防止対策にて凍結防止用ヒータの取り付けや計器内部の水抜きを実施済みである。

（添付資料－１０－２）

１１．添付資料

添付資料—1	事象発生時の時系列
添付資料－２	淡水化装置概略系統図
添付資料－３	現場概略図
添付資料－４	漏えい量の評価結果
添付資料－５	当該差圧計計装配管への凍結防止用ヒータ取り付け状況
添付資料－６	漏えい水が染み込んだ土壌の掘削・回収状況
添付資料－７－１	当該差圧計の外観確認結果
添付資料－７－２	当該差圧計の分解点検結果
添付資料－８	当該差圧計からの漏えいに関する要因分析表
添付資料－８－１	当該差圧計の計器仕様及び検査証明書の確認結果
添付資料－８－２	当該差圧計の外観確認・分解点検結果からの考察結果
添付資料－８－３	凍結防止対策の検討・実施内容確認結果
添付資料－８－４	発電所構内の外気温調査結果
添付資料－９	当該差圧計からの漏えい発生メカニズム
添付資料－１０－１	ダブルストレーナ周辺における対策実施状況
添付資料－１０－２	凍結防止対策実施フローの見直し

以　上

事象発生時の時系列

平成２６年２月６日

１１：０５頃	現場パトロール中の協力企業作業員が当該差圧計の保温材より水が漏えいしていることを確認
１１：０７頃	当社社員が当該差圧計の計装配管にある計器元弁を閉操作して漏えい停止
１４：２０ ～１６：００頃	漏えい水が染み込んだ土壌の掘削・回収及び掘削後の埋め戻しを実施 ・掘削範囲：約１．８m×約２．０m×深さ約０．３m
１５：０６	福島第一規則第１８条第１２号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等（気体状のものを除く）が管理区域内で漏えいしたとき」に該当すると判断
２１：００頃	当該差圧計の計装配管に凍結防止用ヒータ取付

平成２６年２月７日

０９：２１ ～１４：４４	掘削範囲を拡げた上で、漏えい水が染み込んだ土壌の掘削・回収及び掘削後の埋め戻しを実施 ・掘削範囲：約２．５m×約２．０m×深さ約０．７m ・回収した土壌の量：約４m^3

淡水化装置概略系統図

ダブルストレーナ概略図

ダブルストレーナ後弁
(バッファタンク側)

ダブルストレーナ前弁

ダブルストレーナ後弁
(ＣＳＴ側)

計器元弁

ダブルストレーナ

計器元弁

漏えい箇所

当該差圧計

ダブルストレーナ
　系統内の異物を除去するための二重化された濾し網で、ろ過流体を止めることなく切替洗浄ができる。

現場概略図

事務本館

コンクリートにより閉止

RO処理水一時貯槽より

バッファタンクへ

約15m

約30m

傾斜

傾斜

土嚢

ダブルストレーナ
・当該差圧計

渡り廊下（架橋）

側　溝

土砂により閉塞

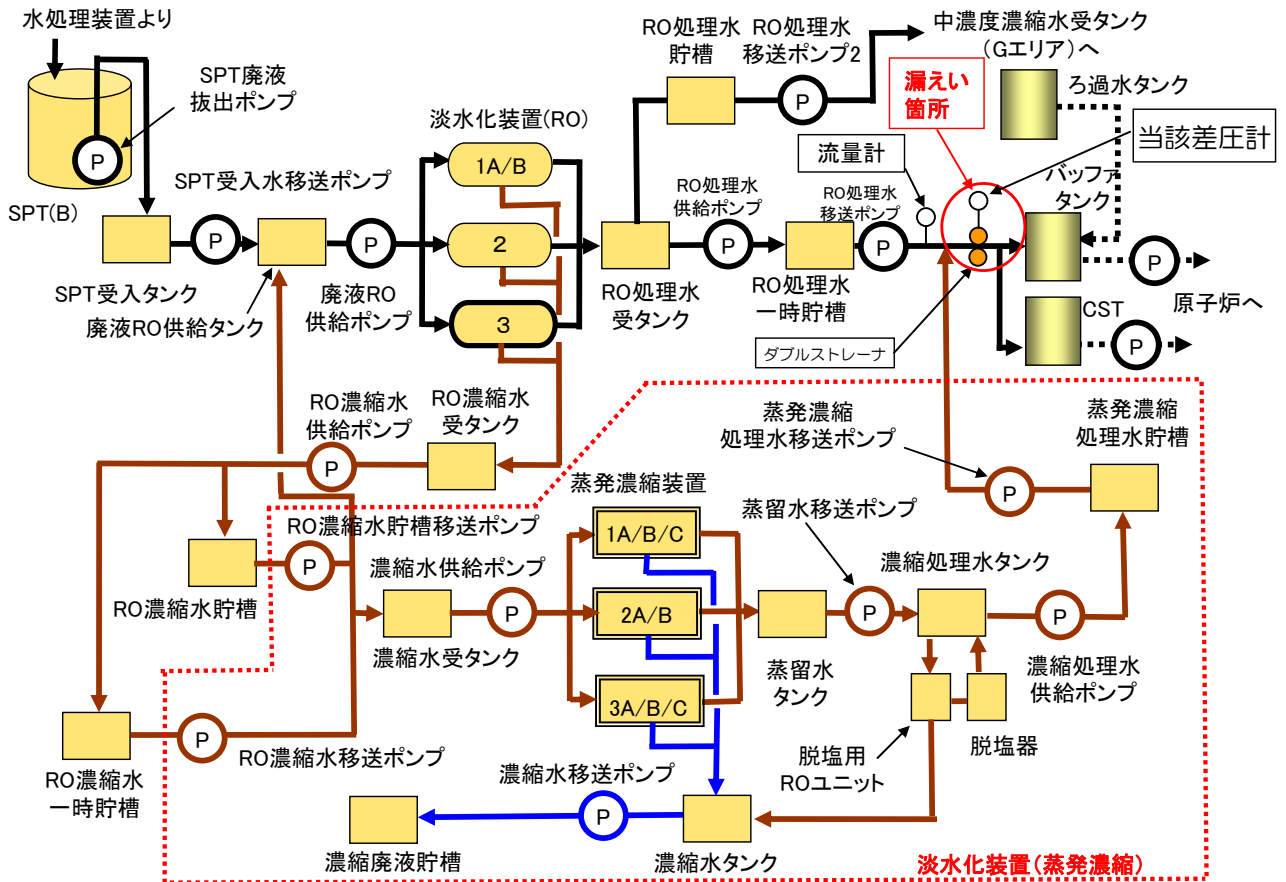
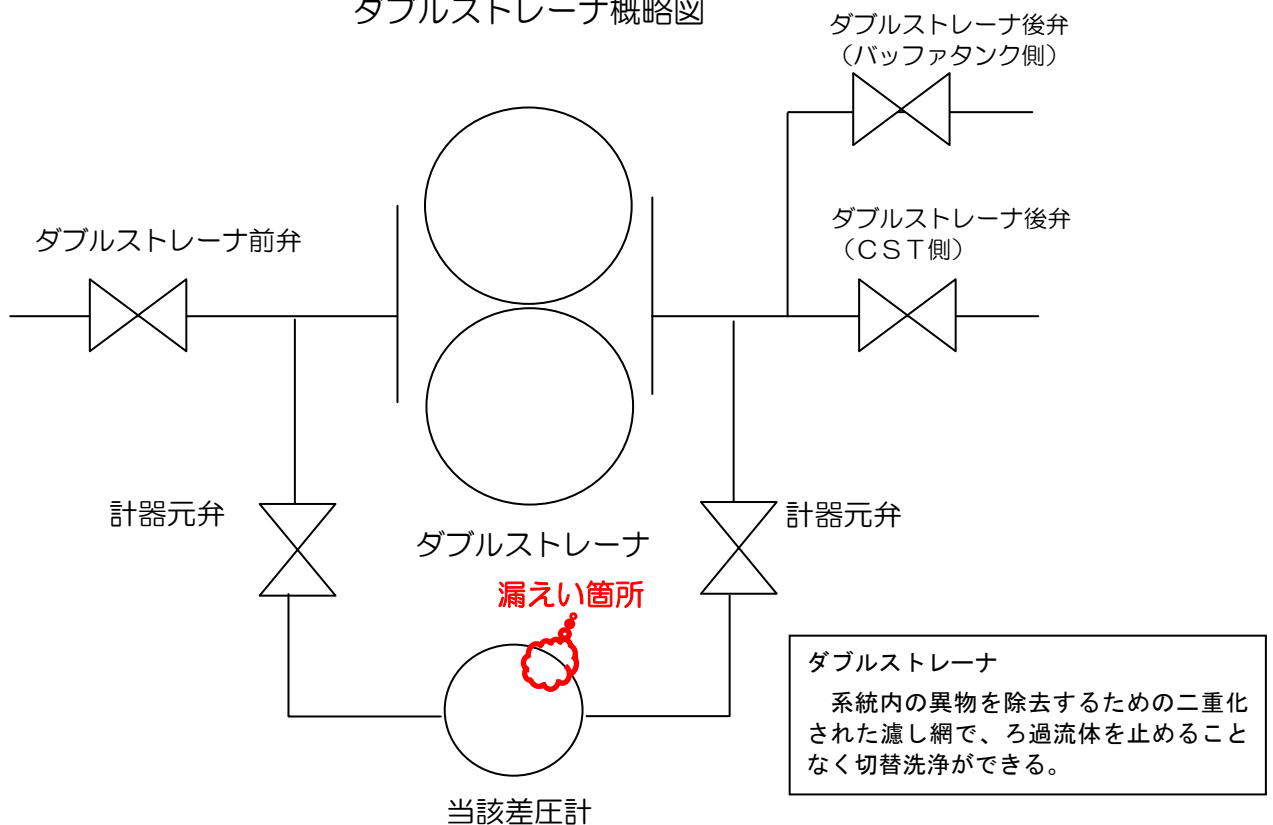
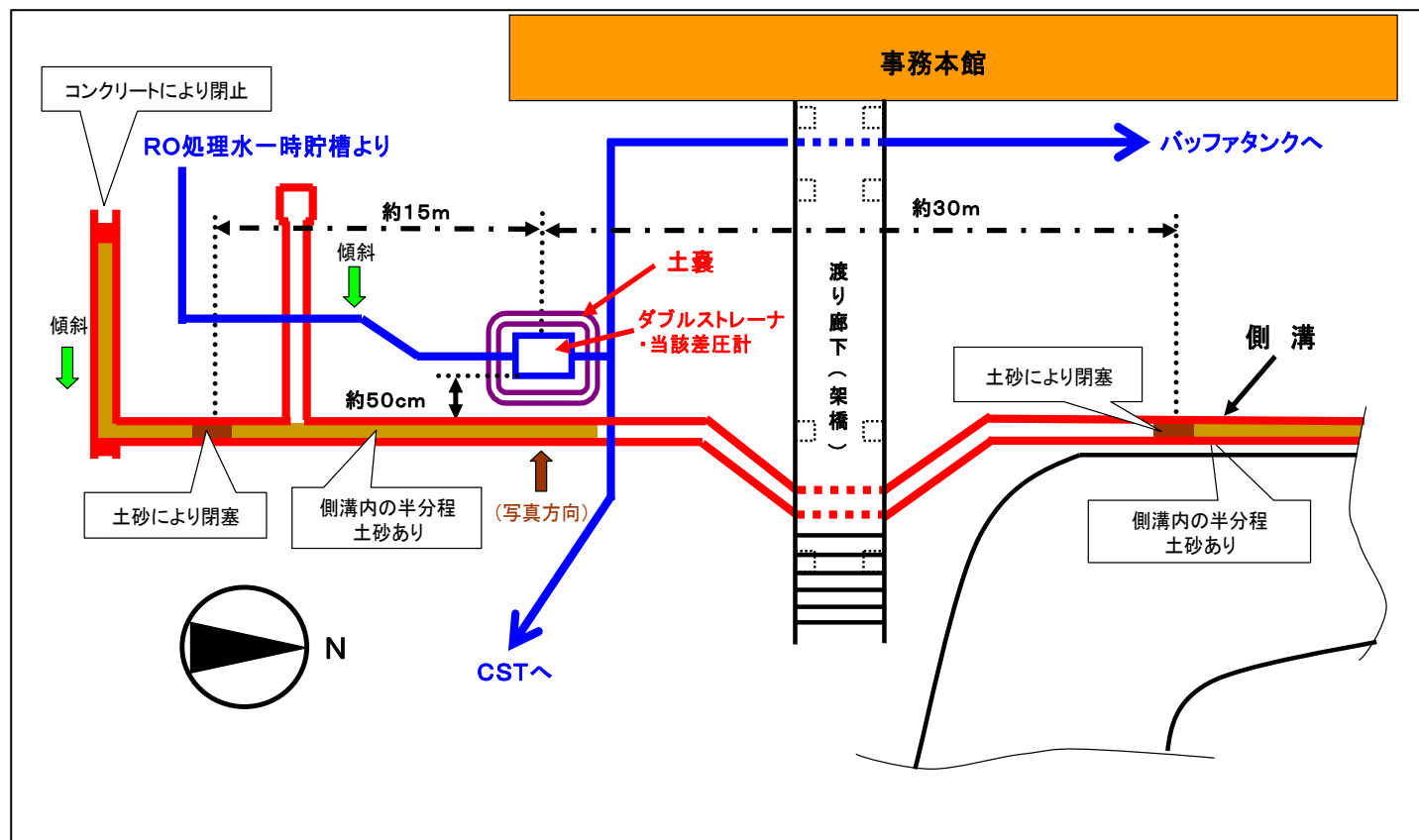
約50cm

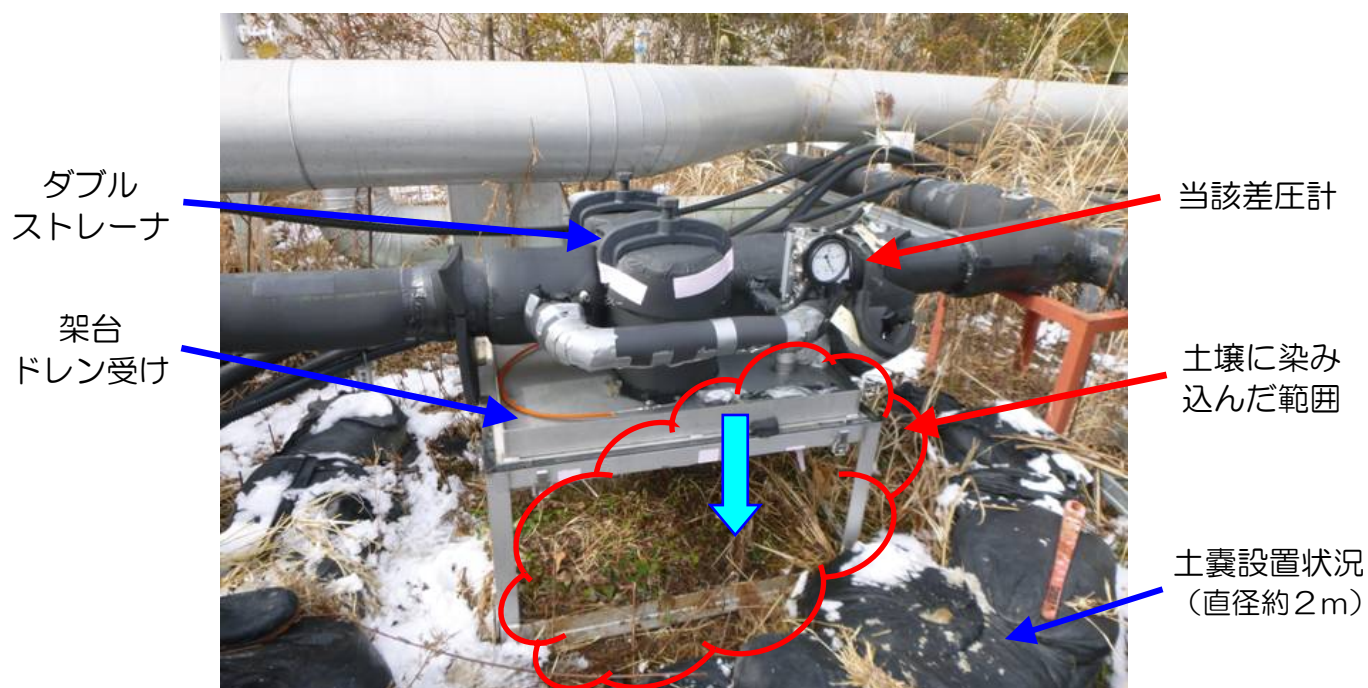
土砂により閉塞

側溝内の半分程
土砂あり

（写真方向）

側溝内の半分程
土砂あり

N

CSTへ

現場状況写真

漏えい発見時は、漏えいした水が架台ドレン受けより溢水し、土壌に染み込んでいた。
（漏えい確認のためにアクリルカバー及び保温材は取り外した状態）

漏えい量の評価結果

１．漏えい開始日時の特定

原子炉注水用のタンク（バッファタンク及びＣＳＴ）へのＲＯ処理水移送配管の流量トレンドを確認した結果、事象発生当日の８時２０分頃に流量が上昇していたこと、当該差圧計の計器元弁を閉操作し、漏えいが停止した同日１１時０７分に流量が元の値に戻っていたことから、漏えい開始日時は同日８時２０分頃と推定した。

この流量変化については、漏えい発生前はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧によって、ほぼ一定の流量で原子炉注水用のタンクへ移送していたものが、漏えい発生により、原子炉注水用のタンクへの移送量に当該差圧計からの漏えい量が加わったことで、ＲＯ処理水移送配管の流量が増加し、その後、当該差圧計の計器元弁を閉操作して漏えいが停止したことで、流量が元の値に戻ったものと推定した。

２．漏えい量の評価

①漏えい率　＝漏えい発生後の流量－漏えい発生前の流量
＝１３．１m^3／h－１２．９m^3／h
＝０．２m^3／h

②漏えい時間＝漏えい停止時間－漏えい開始時間
＝１１：０７－８：２０＝２：４７
＝約３ｈ

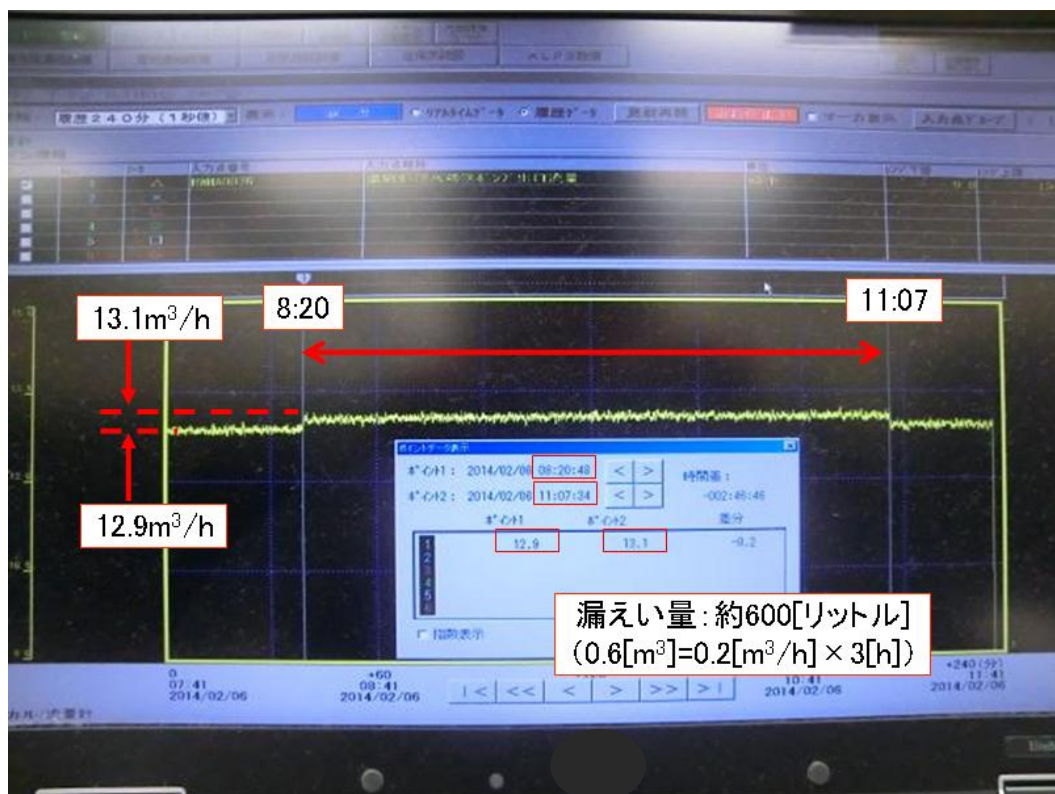
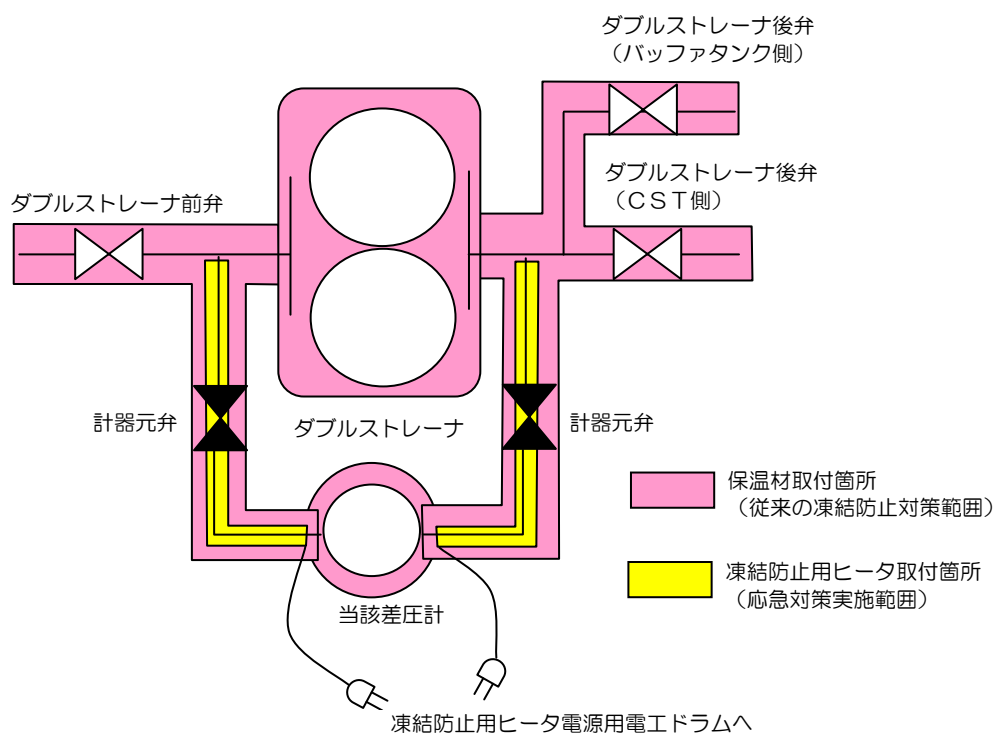
③漏えい量　＝①漏えい率×②漏えい時間
＝０．２m^3／h×約３ｈ＝０．６m^3
＝<u>約６００リットル</u>

当該差圧計計装配管への凍結防止用ヒータ取り付け状況

アクリル
カバー

当該差圧計

凍結防止用ヒータ
電源用電工ドラム

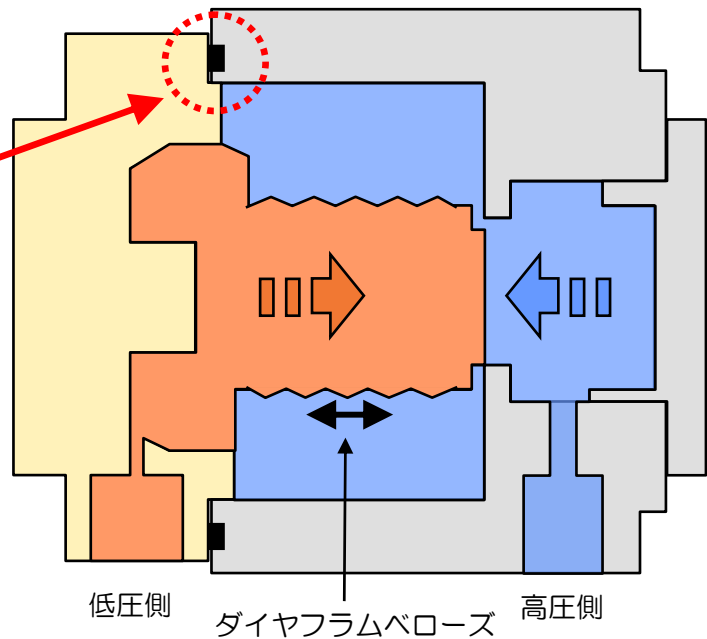
凍結防止用ヒータ（写真は当該差圧計本体への保温及びアクリルカバー取付前の状態）

当該差圧計計装配管へのヒータ取り付けイメージ

漏えい水が染みこんだ土壌の掘削・回収状況

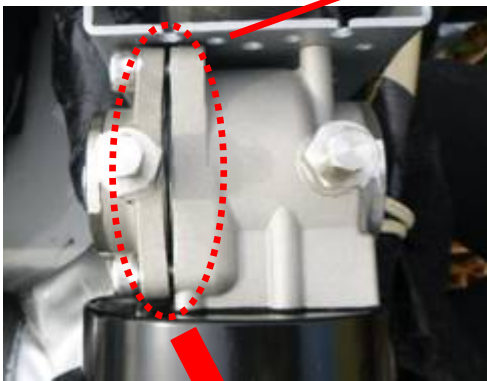
実施日	地表面線量［mSv/h］（最大値）			掘削範囲
2月6日	掘削前	1cm 線量当量率（γ線）	0.18	－
		70μm 線量当量率（β線）	0.07	
	掘削後	1cm 線量当量率（γ線）	0.075	約 1.8m×約 2.0m ×深さ約 0.3m
		70μm 線量当量率（β線）	0.00	
2月7日	再掘削後	1cm 線量当量率（γ線）	0.016	約 2.5m×約 2.0m ×深さ約 0.7m
		70μm 線量当量率（β線）	0.00	

土壌の掘削状況写真

埋め戻し後

当該差圧計の外観確認結果

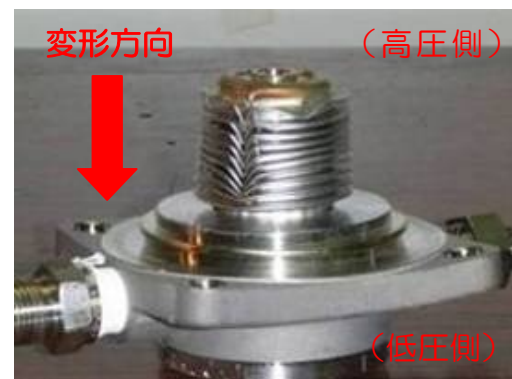
当該差圧計の外観状況
※計器外側に破損を引き起こしたような
　形跡（傷・劣化等）なし

当該差圧計概略図

■部（低圧側）と■部（高圧側）は水で満たされており、各々の水圧によりダイヤフラムベローズが伸縮して、差圧計に指示値を出力する。

ボンネットフランジ状況（上部）
※フランジに若干の膨らみ、Ｏリングが
　フランジの外側にはみ出した状態

漏えい発生時の当該差圧計指示値
※指針が振りきれた状態

当該差圧計の分解点検結果

■当該差圧計全体
・計器外側に外力が加わったことによる傷等や腐食による劣化等の異常なし

■ボンネットフランジ、ダイヤフラムベローズ
・ボンネットフランジに外側方向への変形あり
・ダイヤフラムベローズに高圧側から低圧側方向への変形あり
※計器内部（高圧側）に何らかの過大な圧力が加わったことにより変形したと推定

■ボンネットフランジシール部
・Ｏリングにはシール部からはみ出した際に生じたと思われる浅い窪みあり
・シール部の溝及びＯリングには傷や異物噛み込み等の異常なし
・Ｏリングに脆化等による劣化なし

■ボンネットフランジボルト
・ボルトの曲がり及び締め付けの緩みあり

当該差圧計からの漏えいに関する要因分析表

事象	漏えい原因	破損原因	確認方法	確認結果	評価	備考
当該差圧計からの漏えい	当該差圧計の破損	計器選定ミス	計器仕様	◆計器の設計圧力（5MPa）はＲＯ処理水移送配管の最高使用圧力（1MPa）を上回っており、計器の耐圧性能に問題ないことを確認した。 ◆計器の使用温度範囲は－５℃～４０℃（但し凍結しないこと）であること、及び一般的に使用されている汎用品であり、使用温度範囲が同等の計器は発電所の屋外でも使用実績があることから、計器選定時には凍結防止対策として保温材を取り付けることで十分であると判断したことを確認した。 ◆以上のことから、計器選定ミスが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。	×	添付資料－８－１
		計器製造時の欠陥	検査証明書	◆耐圧検査（5MPa）において計器に異常はなかったことから、計器製造時の欠陥が原因ではないと評価した。 なお、当該差圧計を設置（平成２４年１２月）してから事象発生前まで、毎日実施している巡視点検において、当該差圧計に漏えい等の異常は確認されていない。	×	添付資料－８－１
		運転・操作ミスによる過加圧	運転・操作状況	◆漏えい発生時にはＲＯ処理水移送ポンプを停止しており、ＲＯ処理水の移送はＲＯ処理水一時貯槽からの高低差による水頭圧（約0.1MPa）にて行っていた。 ◆漏えい発生前において、ＲＯ処理水移送配管の圧力が変動する（過加圧になる）ような弁操作はしていなかった。 ◆以上のことから、運転・操作ミスによる過加圧が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。	×	－
		計器の劣化	外観確認・分解点検結果からの考察	◆当該差圧計に腐食・脆化等による劣化は確認されなかったことから、計器の劣化が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。	×	添付資料－７－１ 添付資料－７－２ 添付資料－８－２
		外的要因	外観確認・分解点検結果からの考察	◆当該差圧計の外側には破損を引き起こしたような形跡は確認されなかったことから、外力が加わったことが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。 ◆当該差圧計の計器内部には、ボンネットフランジ、ダイヤフラムベローズの変形やボンネットフランジボルトの曲がり及び締め付けの緩みなどが確認されており、これらは計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより生じたものであった。 ◆これまでの原因調査の中で、ＲＯ処理水移送配管や計器自体に起因した破損は確認されなかったこと、及び当該差圧計の計器内部（高圧側）は内包水がボディーを介して外気と接しており、外気温の影響を受けやすい構造であることから、計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、当該差圧計の破損に至ったものと推定した。	○	添付資料－７－１ 添付資料－７－２ 添付資料－８－２

破損原因	凍結原因	確認方法	確認結果	評価	備考
計器内部流体の凍結	保温材の損傷・劣化	巡視点検等の実績	◆平成２５年度凍結防止対策の一環として実施した現場確認（平成２５年１２月）において、当該差圧計の保温材の一部が剥がれていることを確認し、保温材の修理を実施していたが、その後、事象発生前まで巡視点検等にて保温材の損傷等は確認されていないことから、保温材の損傷・劣化が原因で計器内部流体の凍結に至ったものではないと評価した。	×	－
	凍結防止対策の選定ミス	凍結防止対策の検討・実施内容	◆平成２４年１２月に当該計器を設置するにあたり、平成２４年度の凍結防止対策実施フロー（所管部門作成）に基づき「凍結防止対策要」と判断し、対策として当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを実施していた。 ◆翌年も平成２５年度の凍結防止対策実施フロー（発電所全体で作成）に基づき、対策として当該差圧計に取り付けた保温材及び雨風を避けるために設置したけアクリルカバーの取り付け状態の確認を実施しており、その際に保温材の一部が剥がれていたことから、当該箇所の修復を実施していた。 ◆各年度の凍結防止対策実施フローでは、凍結防止対策実施の要否は判断できるものの、凍結防止対策の実施内容（方法）に関する記載はなかったことから、通常の配管と同様、当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを凍結防止対策として実施していた。 ◆以上のことから、当該差圧計を設置して以降、各年度の凍結防止対策実施フローに基づき、凍結防止対策の検討・実施はしていたものの、当該差圧計が凍結により破損したことから、結果的に凍結防止対策が不十分であったと評価した。	○	添付資料－８－３
		発電所構内の外気温 ・事象発生時の外気温 ・当該差圧計設置以降の外気温	◆事象発生前の２月５日１５時頃から２月６日９時頃にかけて、外気温が氷点下となる状態が続いていた。特に２月５日２２時頃から２月６日４頃にかけては、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移しており２月６日１時頃には当日の最低気温である－６．６℃を記録していた。 ◆平成２４年度では事象発生時と同じく外気温が－６℃以下となった日は全部で４日あったが、平成２５年度では事象発生時（漏えい発生前日から当日）を除いて、外気温が－６℃以下となった日はなかった。 なお、当該差圧計を設置した以降から本事象が発生するまで、凍結による漏えいは確認されていない。 ◆平成２４年度では事象発生時と同じく外気温が－６℃前後で推移した時間はいずれも短かったのに対し、事象発生時は前日夜から当日朝にかけて、外気温が長時間に渡って－６℃前後で推移していた。 ◆以上のことから、事象発生前の前日２２時頃から当日４時頃にかけて、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続し、ボディーを介して外気と接触している計器内部流体（高圧側）が凍結したものと推定した。	○	添付資料－８－４

○：原因の可能性が高い　　×：原因の可能性が低い

当該差圧計の計器仕様及び検査証明書の確認結果

（１）確認内容

ａ．計器仕様の確認

当該差圧計の破損原因が計器の選定ミスによるものか調査するため、当該差圧計の計器仕様を確認する。

ｂ．検査証明書の確認

当該差圧計の破損原因が計器製造時の欠陥によるものか調査するため、当該差圧計の検査証明書を確認する。

（２）確認結果

ａ．計器仕様の確認

当該差圧計の計器仕様を確認した結果、計器の設計圧力（5MPa）はＲＯ処理水移送配管の最高使用圧力（1MPa）を上回っており、計器の耐圧性能に問題ないことを確認した。

また、計器の使用温度範囲は－５℃～４０℃（但し凍結しないこと）であること、及び一般的に使用されている汎用品であり、使用温度範囲が同等の計器は発電所の屋外でも使用実績があることから、計器選定時には凍結防止対策として保温材を取り付けることで十分であると判断したことを確認した。

ｂ．検査証明書の確認

当該差圧計の検査証明書を確認した結果、耐圧検査（5MPa）において計器に異常はなかったことを確認した。

なお、当該差圧計を設置（平成２４年１２月）してから事象発生前まで、毎日実施している巡視点検において、当該差圧計に漏えい等の異常は確認されていない。

（３）評価

計器選定ミス及び計器製造時の欠陥が原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

当該差圧計の計器仕様（取扱説明書抜粋）

４－３　耐　圧

基準圧（ハウジング耐圧）　：　５ＭＰａ

片耐圧　　　　　　　　　　　表４－１

差圧レンジ ＭＰａ		5 ～20kPa	0.03 ～0.1	0.2 ～1
片耐圧　＊１ ＭＰａ	正差圧	0.2	0.4 ＊２	1.2
	逆差圧	0	0	0

＊１（過差圧）

＊２隔膜式は0.2 MPa となります。（隔膜式はレンジ0.05 MPa 以上となります。）

４－５　使用温度範囲

－５～４０℃　（但し、凍結しないこと）

当該差圧計の検査証明書（抜粋）

TEST REPORT
検査成績表

ページ 1

MANUFACTURE NO. 製造番号	QUANTITY 個数	TYPE 品名	ROOM TEMP 室温 ℃	THE DATE OF INSPECTION 検査日
H2B1140201	1	DG95-173 差圧計 D RC 1/4 100 × 0.2 MPa	23	25,03,21

ERROR OF INDICATION 器差 / MINIMUM SCALE 最小目盛 (0.005 MPa) ALLOWANCE 許容公差 ± 0.003 MPa ACCURACY 精度 ± 1.5 % F.S.

SR. NO. 器番	CHECK POINT 検査箇所	0	0.05	0.1	0.15	0.2 MPa
3716727	Up 上昇	0	-0.0005	0.0000	-0.0005	-0.0010
	Down 下降	0	+0.0010	+0.0010	0.0000	-0.0010
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					
	Up 上昇					
	Down 下降					

Inspection		Result
SPECIFICATIONS INSPECTION	仕様検査	☑ GOOD 良
APPEARANCE INSPECTION	外観検査	☑ GOOD 良
DIMENSIONAL INSPECTION	寸法検査	☑ GOOD 良
PERFORMANCE INSPECTION	性能検査	☑ GOOD 良

Test		Value	Result
ACCURACY	精度	± %	☐ GOOD 良
SETTING ACCURACY	設定精度	± %	☐ GOOD 良
REPEATABILITY LESS THAN	再現性	%	☐ GOOD 良
DEAD-BAND LESS THAN	不感帯		☐ GOOD 良
RESISTING PRESSURE TEST	耐圧検査		☑ GOOD 良
INSULATION RESISTANCE TEST (BEFORE AND AFTER WITHSTANDING VOLTAGE TEST 耐電圧検査前後)	絶縁抵抗検査	VDC MΩ≦	☐ GOOD 良
WITHSTANDING VOLTAGE TEST	耐電圧検査	VAC min. 分間	☐ GOOD 良

基準圧（L）側　5 MPa

CHIEF OF INSPECTION 検査責任者

当該差圧計の外観確認・分解点検結果からの考察結果

（１）考察内容

ａ．計器の劣化による破損

当該差圧計の外観確認及び分解点検の結果から、当該差圧計の破損原因が計器の劣化によるものか考察する。

ｂ．外的要因による破損

当該差圧計の外観確認及び分解点検の結果から、当該差圧計の破損原因が外的要因によるものか考察する。

（２）考察結果

ａ．計器の劣化による破損

当該差圧計の外観確認及び分解点検において、腐食・脆化等による劣化は確認されなかった。

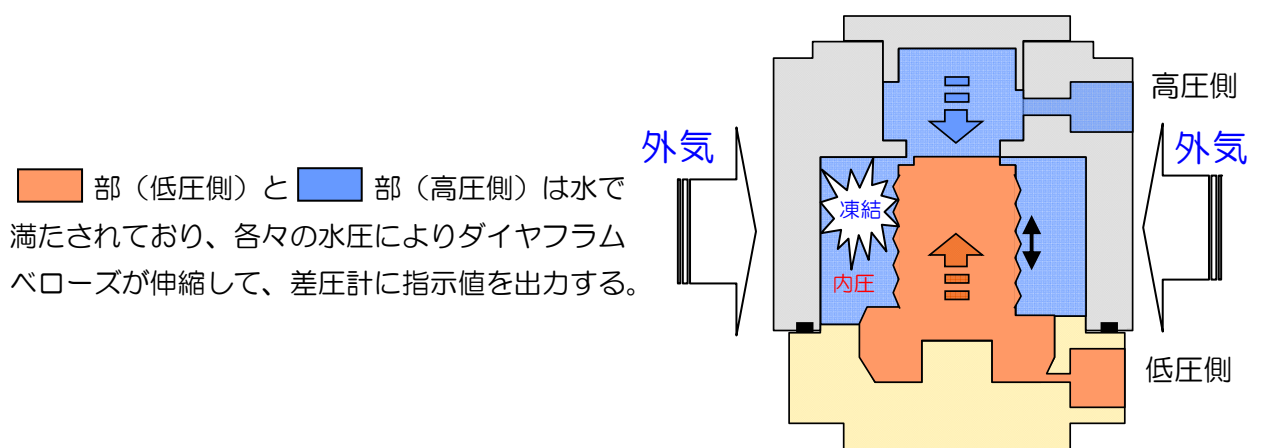
ｂ．外的要因による破損

当該差圧計の外観確認及び分解点検において、計器外側に破損を引き起こしたような形跡は確認されなかった。

一方で、当該差圧計の計器内部には、ボンネットフランジ、ダイヤフラムベローズの変形やボンネットフランジボルトの曲がり及び締め付けの緩みなどが確認されており、これらは計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わったことにより生じたものであった。

（３）評価

計器の劣化や計器外側に外力が加わったことが原因で当該差圧計の破損に至ったものではないと評価した。

また、これまでの原因調査の中で、ＲＯ処理水移送配管や計器自体に起因した破損は確認されなかったこと、及び当該差圧計の計器内部（高圧側）は内包水がボディーを介して外気と接しており、外気温の影響を受けやすい構造であることから、計器内部（高圧側）に内包されたＲＯ処理水（流体）が凍結したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、当該差圧計の破損に至ったものと推定した。

凍結防止対策の検討・実施内容確認結果

（１）確認内容

当該差圧計の計器内部流体の凍結原因が凍結防止対策の選定ミスによるものか調査するため、凍結防止対策の検討・実施内容を確認する。

（２）確認結果

当該差圧計における凍結防止対策の検討・実施内容を確認した結果、平成２４年１２月に当該計器を設置するにあたり、平成２４年度の凍結防止対策実施フロー（所管部門にて作成したもの）に基づき「凍結防止対策要」と判断し、対策として当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを実施していた。

また、翌年も平成２５年度の凍結防止対策実施フロー（各部門共通で使用するため発電所全体で作成したもの）に基づき、対策として当該差圧計に取り付けた保温材及び雨風を避けるために設置したアクリルカバーの取り付け状態の確認を実施しており、その際に保温材の一部が剥がれていたことから、当該箇所の修復を実施していた。

なお、各年度の凍結防止対策実施フローを確認した結果、凍結防止対策実施フローでは凍結防止対策実施の要否は判断できるものの、凍結防止対策の実施内容（方法）に関する記載はなかったことから、通常の配管と同様に当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを凍結防止対策としていた。

（３）評価

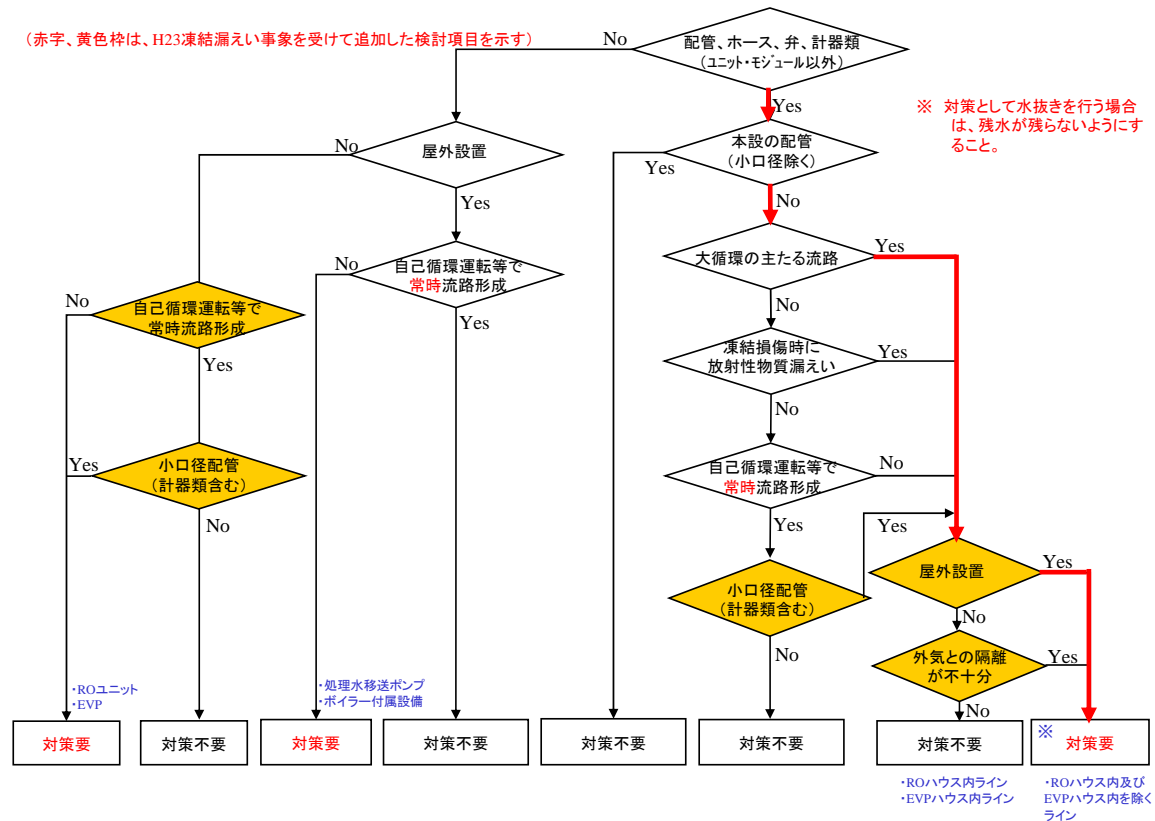
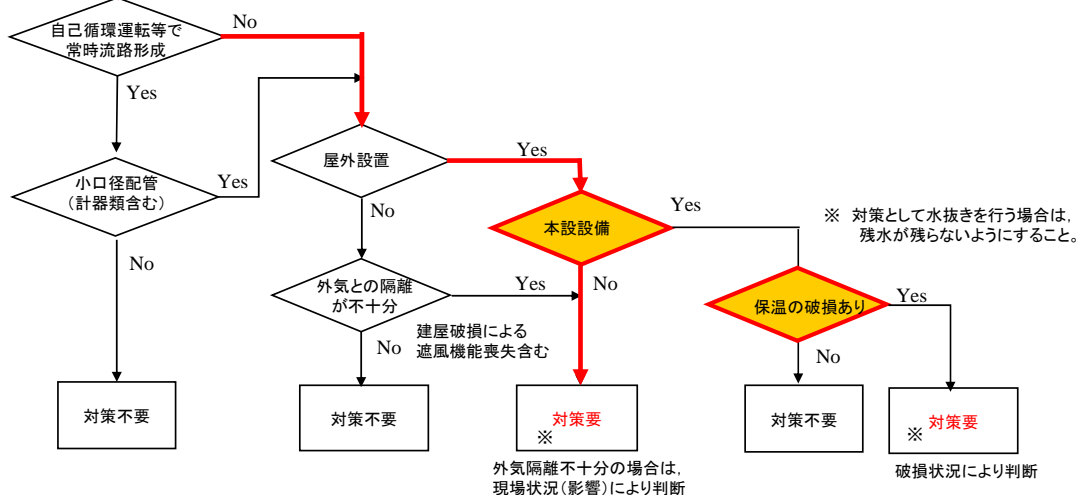
当該差圧計を設置して以降、各年度の凍結防止対策実施フローに基づき、凍結防止対策の検討・実施はしていたものの、凍結防止対策実施フローの中では、凍結防止対策の実施内容（方法）に関する記載はなかった。

このため、通常の配管と同様、当該差圧計の計器本体及び計装配管への保温材取り付けを凍結防止対策として実施していたが、当該差圧計が凍結により破損したことから、結果的に凍結防止対策が不十分であったと評価した。

（４）その他

なお、本事象に鑑み１～４号機の廃炉措置に係わる系統について、屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置され、かつ凍結する可能性のある流体を内包している計器類を確認した結果、計装配管等へのヒータ取り付けによる加温、外気との隔離が不十分な建物内における暖房器具の設置、計器内部の水抜きなど、保温材取り付け以外の凍結防止対策が実施されており、当該差圧計のように計器内部の流体が凍結するような計器類はなかったことを確認した。

また、５・６号機の滞留水貯留設備において、屋外に設置されている計器類を確認した結果、当該差圧計と同様、保温材取り付けのみを凍結防止対策としている計器類はあったが、これまで凍結による漏えいは発生していないことを確認した。

H24年度　凍結防止対策実施フロー(水処理設備)
（赤字、黄色枠は、H23凍結漏えい事象を受けて追加した検討項目を示す）
配管、ホース、弁、計器類
（ユニット・モジュール以外）
No
Yes
※　対策として水抜きを行う場合は、残水が残らないようにすること。
屋外設置
本設の配管
（小口径除く）
大循環の主たる流路
凍結損傷時に
放射性物質漏えい
自己循環運転等で
常時流路形成
小口径配管
（計器類含む）
外気との隔離
が不十分
対策要
対策不要
・ROユニット
・EVP
・処理水移送ポンプ
・ボイラー付属設備
・ROハウス内ライン
・EVPハウス内ライン
・ROハウス内及び
EVPハウス内を除く
ライン

H25年度　凍結防止対策実施フロー
【定　義】
新設：震災以降の設置設備
本設：震災以前の設置設備
①循環運転の実施の有無・小口径配管の確認
②屋外設置・外気との隔離状況の確認
③本設設備かどうかの確認
④保温材の破損状況の確認
新設／本設全設備
（配管，ホース，弁，計器類，ポンプ等）
・内部容積の大きい容器類除く
・R/B，T/B，RW/B，C/B内設備除く
※但し，既に対策済み箇所については，
リストにて継続管理すること
自己循環運転等で
常時流路形成
小口径配管
（計器類含む）
屋外設置
本設設備
外気との隔離
が不十分
建屋破損による
遮風機能喪失含む
保温の破損あり
※　対策として水抜きを行う場合は，
残水が残らないようにすること。
Yes
No
対策不要
対策要
外気隔離不十分の場合は，
現場状況（影響）により判断
破損状況により判断

発電所構内の外気温調査結果

（１）調査内容

ａ．事象発生時の外気温

当該差圧計の計器内部流体の凍結原因が外気温の影響によるものか調査するため、事象発生時における発電所構内の外気温を調査する。

ｂ．当該差圧計設置以降の外気温

当該差圧計の計器内部流体の凍結原因が外気温の影響によるものか調査するため、当該差圧計を設置した平成２４年１２月以降の冬季（12 月～翌 2 月）における発電所構内の外気温を調査し、事象発生時の外気温と比較する。

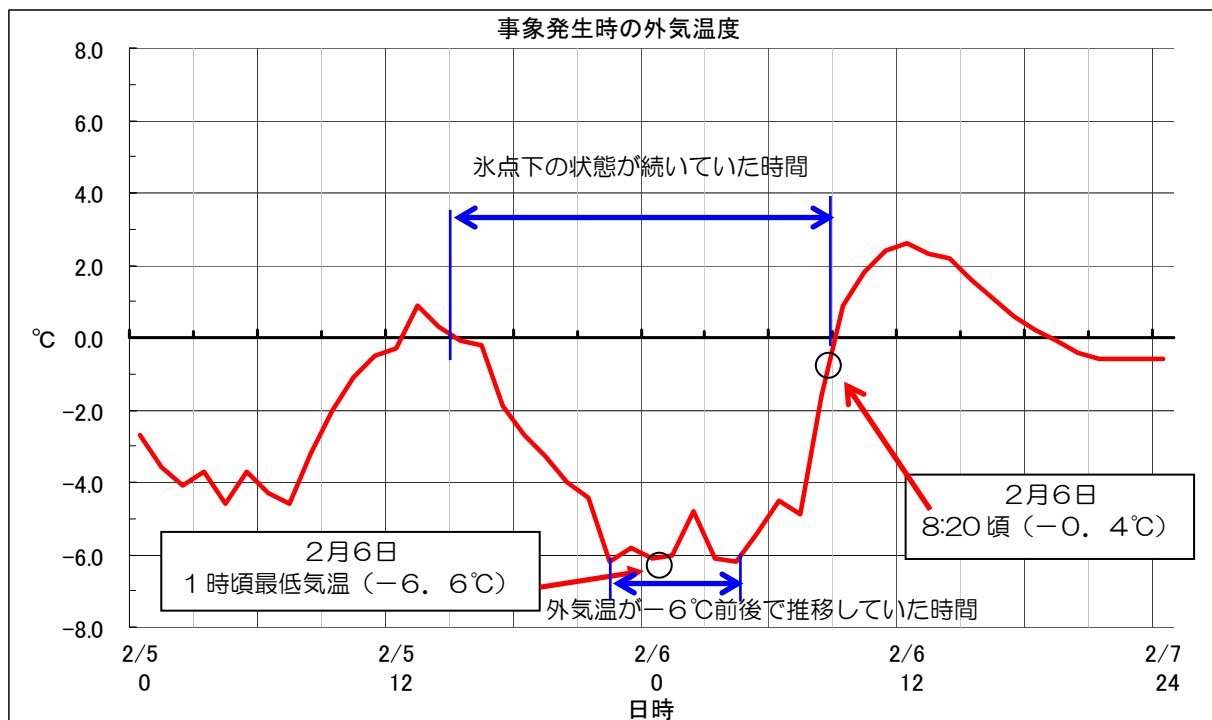
（２）調査結果

ａ．事象発生時の外気温

事象発生時における発電所構内の外気温を調査した結果、以下のことを確認した。

・漏えいが発生した平成２６年２月６日８時２０分頃の外気温は－０．４℃であった。

・事象発生前の２月５日１５時頃から２月６日９時頃にかけて、外気温が氷点下となる状態が続いていた。

・特に２月５日２２時頃から２月６日４時頃にかけては、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移しており、２月６日１時頃には当日の最低気温である－６．６℃を記録していた。

※外気温データは、発電所構内（免震棟西側）に設置した気象観測装置で観測した１時間毎の値

承認	審査	作成
●	●	●
	H26.2.7	H26.2.6

気象日報

2014年2月5日1時～2014年2月5日24時

時間	95M		49M		10M		日射	放射収支	安定度	気温	湿度	大気圧	雨雪量	感雨記録
	風向	風速(m/s)	風向	風速(m/s)	風向	風速(m/s)	(KW/m²)	(KW/m²)		(℃)	(%)	(hpa)	(mm)	(回数)
1	NNW	3.8	NNW	2.8	NNW	1.9		-0.0544	F	-3.6	74.9	1008.2	0.0	0
2	NW	3.7	WNW	2.1	WNW	1.4		-0.0453	F	-4.1	74.9	1008.6	0.0	0
3	WNW	5.5	WNW	5.1	NW	2.2		-0.0572	F	-3.7	75.0	1009.3	0.0	0
4	NW	5.0	NW	3.8	NW	1.6		-0.0422	F	-4.6	75.0	1009.8	0.0	0
5	NW	6.9	NW	5.3	NW	4.1		-0.0166	D	-3.7	75.0	1010.7	0.0	0
6	WNW	5.7	WNW	4.1	WNW	2.5		-0.0391	E	-4.3	75.0	1011.5	0.0	0
7	NW	8.2	NW	7.0	NW	3.9		-0.0749	E	-4.6	74.9	1012.4	0.0	0
8	WNW	7.2	NW	4.8	WNW	2.6	0.2041		C	-3.2	75.0	1013.0	0.0	0
9	NW	5.2	NW	4.2	NW	4.3	0.3611		D	-2.0	75.0	1013.3	0.0	0
10	NNW	5.0	NNW	4.8	NNW	3.8	0.5251		C	-1.1	75.0	1013.1	0.0	0
11	NNW	5.5	NW	4.9	NW	5.1	0.5354		D	-0.5	75.1	1012.7	0.0	0
12	NW	6.7	NW	6.5	NW	3.9	0.3812		C	-0.3	75.1	1012.3	0.0	0
13	NW	6.8	NW	4.3	NNW	5.6	0.4314		D	0.9	75.1	1011.6	0.0	0
14	NW	8.5	NW	6.7	NW	5.6	0.2515		D	0.3	75.0	1012.2	0.0	0
15	NW	8.6	NW	6.9	NW	5.5	0.2906		D	-0.1	75.0	1013.2	0.0	0
16	WNW	7.5	NW	6.1	WNW	3.4	0.1692		C	-0.2	75.0	1013.9	0.0	0
17	NW	6.0	NW	4.7	NNW	3.6	0.0083		D	-1.9	74.9	1015.0	0.0	0
18	NNW	7.4	NNW	4.5	NNW	2.7	0.0006		D	-2.7	74.8	1015.9	0.0	0
19	NW	6.5	NNW	4.9	NW	2.5		-0.0747	F	-3.3	74.8	1016.9	0.0	0
20	WSW	1.6	WSW	1.4	S	1.7		-0.0659	F	-4.0	74.8	1017.5	0.0	0
21	SSE	2.6	SSE	2.4	S	1.5		-0.0570	F	-4.4	74.8	1017.6	0.0	0
22	SW	3.7	SW	3.5	W	1.6		-0.0651	F	-6.2	74.8	1017.5	0.0	0
23	SW	2.2	SSW	2.7	SW	1.6		-0.0618	F	-5.8	74.8	1017.6	0.0	0
24	S	3.7	S	4.2	SW	2.3		-0.0637	F	-6.1	74.8	1017.9	0.0	0

95M	最大風速(m/s)	13.5	風向 (NW) 時刻 14:47	最多風向	(NW)	平均風速(m/s)	5.6
49M	最大風速(m/s)	11.7	風向 (NW) 時刻 14:22	最多風向	(NW)	平均風速(m/s)	4.5
10M	瞬間最大風速(m/s)	15.5	風向 (NW) 時刻 13:30	最多風向	(NW)	平均風速(m/s)	3.1
気温(最大)		1.2	時刻 12:52				
気温(最小)		-6.6	時刻 23:12				
気温(平均)		-2.9					
雨量(合計)		0.0	降雨時間 0				
欠測時間		0					

気象日報

2014年2月6日1時～2014年2月6日24時

時間	95M		49M		10M		日射	放射収支	安定度	気温	湿度	大気圧	雨雪量	感雨記録
	風向	風速(m/s)	風向	風速(m/s)	風向	風速(m/s)	(KW/m²)	(KW/m²)		(℃)	(%)	(hpa)	(mm)	(回数)
1	SW	3.5	SW	4.8	WSW	1.5		-0.0604	F	-6.0	74.8	1018.2	0.0	0
2	SSW	3.4	S	3.7	SSW	1.9		-0.0657	F	-4.8	74.8	1018.5	0.0	0
3	S	5.1	S	4.4	SW	1.9		-0.0597	F	-6.1	74.9	1018.3	0.0	0
4	SW	4.7	SSW	4.3	SW	1.5		-0.0578	F	-6.2	74.8	1018.7	0.0	0
5	SW	4.1	SW	3.0	SW	1.6		-0.0574	F	-5.4	74.8	1018.7	0.0	0
6	SW	5.8	SW	5.0	SW	1.6		-0.0589	F	-4.5	74.9	1019.0	0.0	0
7	SW	5.7	SW	4.1	SW	1.1		-0.0555	F	-4.9	74.9	1019.6	0.0	0
8	SSW	4.9	SSW	5.0	SSW	2.2	0.1854		C	-1.6	75.0	1020.2	0.0	0
9	SW	5.5	SSW	5.1	SW	2.9	0.2889		C	0.9	75.0	1020.1	0.0	0
10	W	8.5	W	7.1	W	4.2	0.3723		D	1.8	75.0	1019.7	0.0	0
11	WSW	7.7	WSW	6.2	W	5.5	0.3946		D	2.4	75.0	1019.1	0.0	0
12	WSW	7.8	WSW	7.2	WSW	4.2	0.2986		D	2.6	75.0	1018.2	0.0	0
13	W	10.4	W	9.5	W	6.6	0.3300		D	2.3	74.7	1017.4	0.0	0
14	W	7.1	WSW	5.5	W	3.8	0.2270		C	2.2	74.7	1017.4	0.0	0
15	NNW	3.7	NNW	3.8	N	2.8	0.1206		D	1.6	74.7	1018.1	0.0	0
16	NNW	3.4	NNW	2.7	NNW	1.6	0.0618		D	1.1	74.5	1018.9	0.0	0
17	NNW	0.8	NNW	1.1	CALM	CALM	0.0049		D	0.6	74.5	1019.1	0.0	0
18	W	6.8	W	4.8	W	3.5	0.0004		D	0.2	74.4	1019.2	0.0	0
19	W	7.1	WNW	6.3	WNW	3.4		-0.0319	D	-0.1	74.4	1019.5	0.0	0
20	WNW	6.9	WNW	4.4	WNW	3.6		-0.0299	D	-0.4	74.3	1019.7	0.0	0
21	WNW	5.8	WNW	4.7	WNW	2.7		-0.0288	E	-0.6	74.3	1019.7	0.0	0
22	WNW	5.0	WNW	4.7	WNW	2.6		-0.0289	E	-0.6	74.3	1019.4	0.0	0
23	WNW	6.0	WNW	5.4	NW	3.0		-0.0289	D	-0.6	74.3	1018.9	0.0	0
24	NW	7.4	NW	5.6	NW	3.3		-0.0291	D	-0.6	74.3	1018.1	0.0	0

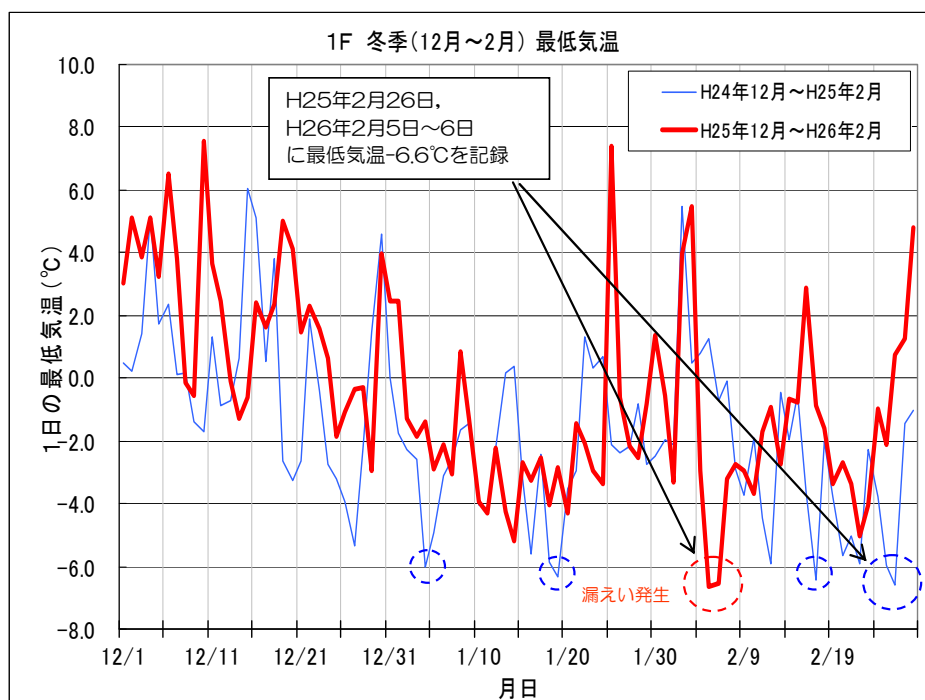
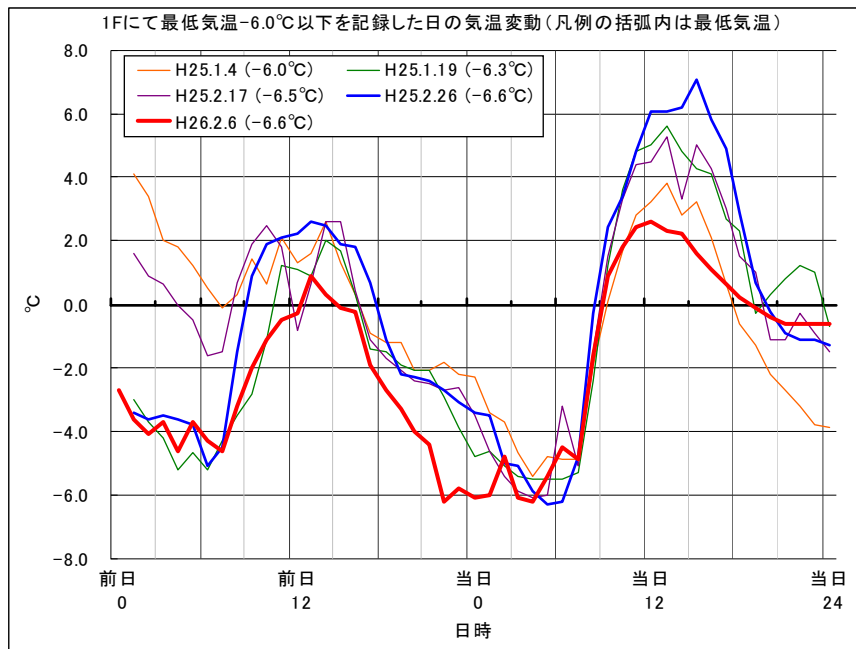
95M	最大風速(m/s)	11.6	風向 (W)	時刻 10:52	最多風向 (SW)	平均風速(m/s)	5.7
49M	最大風速(m/s)	10.4	風向 (W)	時刻 11:08	最多風向 (WNW)	平均風速(m/s)	4.9
10M	瞬間最大風速(m/s)	11.3	風向 (W)	時刻 13:23	最多風向 (SW)	平均風速(m/s)	2.8
気温(最大)		2.8		時刻 11:09			
気温(最小)		-6.6		時刻 01:09			
気温(平均)		-1.1					
雨量(合計)		0.0		降雨時間 0			
欠測時間		0					

ｂ．当該差圧計設置以降の外気温

当該差圧計を設置した以降の平成２４年度及び２５年度冬季（１２月～翌２月）における発電所構内の外気温を調査した結果、以下のことを確認した。

なお、当該差圧計を設置した以降から本事象が発生するまで、凍結による漏えいは確認されていない。

・平成２４年度では事象発生時と同じく外気温が－６℃以下となった日は全部で４日あり、そのうち平成２５年２月２６日については、事象発生時と同じく最低気温－６．６℃を記録していた。

・平成２５年度では事象発生時（漏えい発生前日から当日）を除いて、外気温が－６℃以下となった日はなかった。

更に平成２４年度及び平成２５年度の冬季において、外気温が－６℃以下となった日の気温の推移を調査した結果、平成２４年度では外気温が－６℃前後で推移した時間はいずれも短かったのに対し、事象発生時は前日夜から当日朝にかけて、外気温が長時間に渡って－６℃前後で推移していた。

（３）評価

事象発生前の前日２２時頃から当日４時頃にかけて、外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続し、ボディーを介して外気と接している計器内部流体（高圧側）が凍結したものと推定した。

当該差圧計からの漏えい発生メカニズム

①事象発生時は、前日２２時頃から当日４時頃にかけて外気温が長時間に渡って低い温度（－６℃前後）で推移していたことにより、当該差圧計の保温材内側においても温度が低い状態が継続したため、ボディーを介して外気と接している計器内部（高圧側）に内包されていたＲＯ処理水が凍結して、水の体積が膨張した。

②水の体積が膨張したことにより、計器内部（高圧側）に過大な圧力が加わり、ボンネットフランジ及びダイヤフラムベローズが低圧側に変形するとともに、ダイヤフラムベローズが収縮し、当該差圧計の指針が振りきれた。
また、ボンネットフランジが変形したことにより、ボンネットフランジボルトに曲がり及び締め付けのゆるみが生じるとともに、シール部Ｏリングが外側に押されてはみ出した状態となった。

③Ｏリングがシール部からはみ出したことでシール機能が喪失し、その後、外気温の上昇によって凍結したＲＯ処理水が溶融して、シール部から漏えいした。

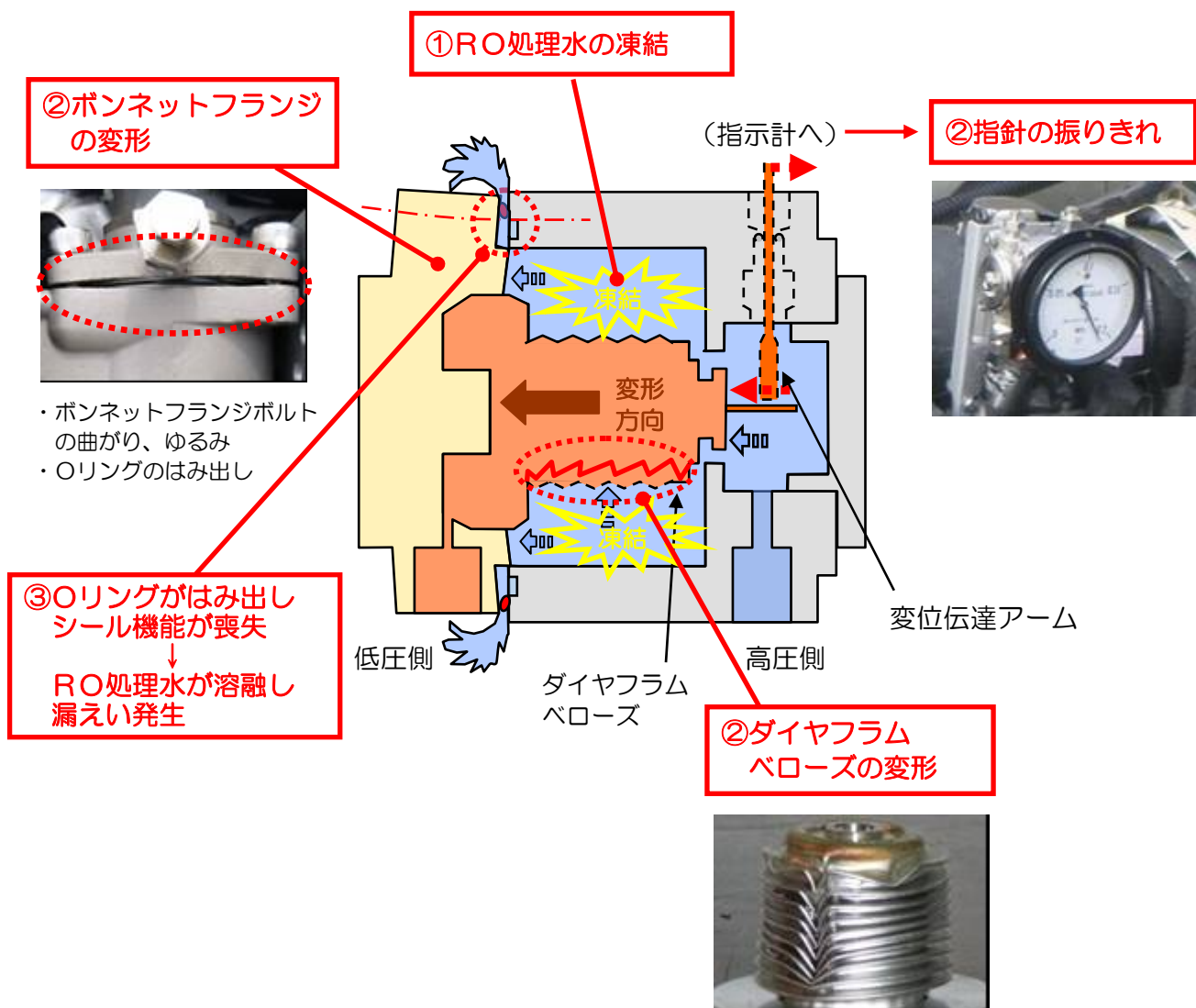
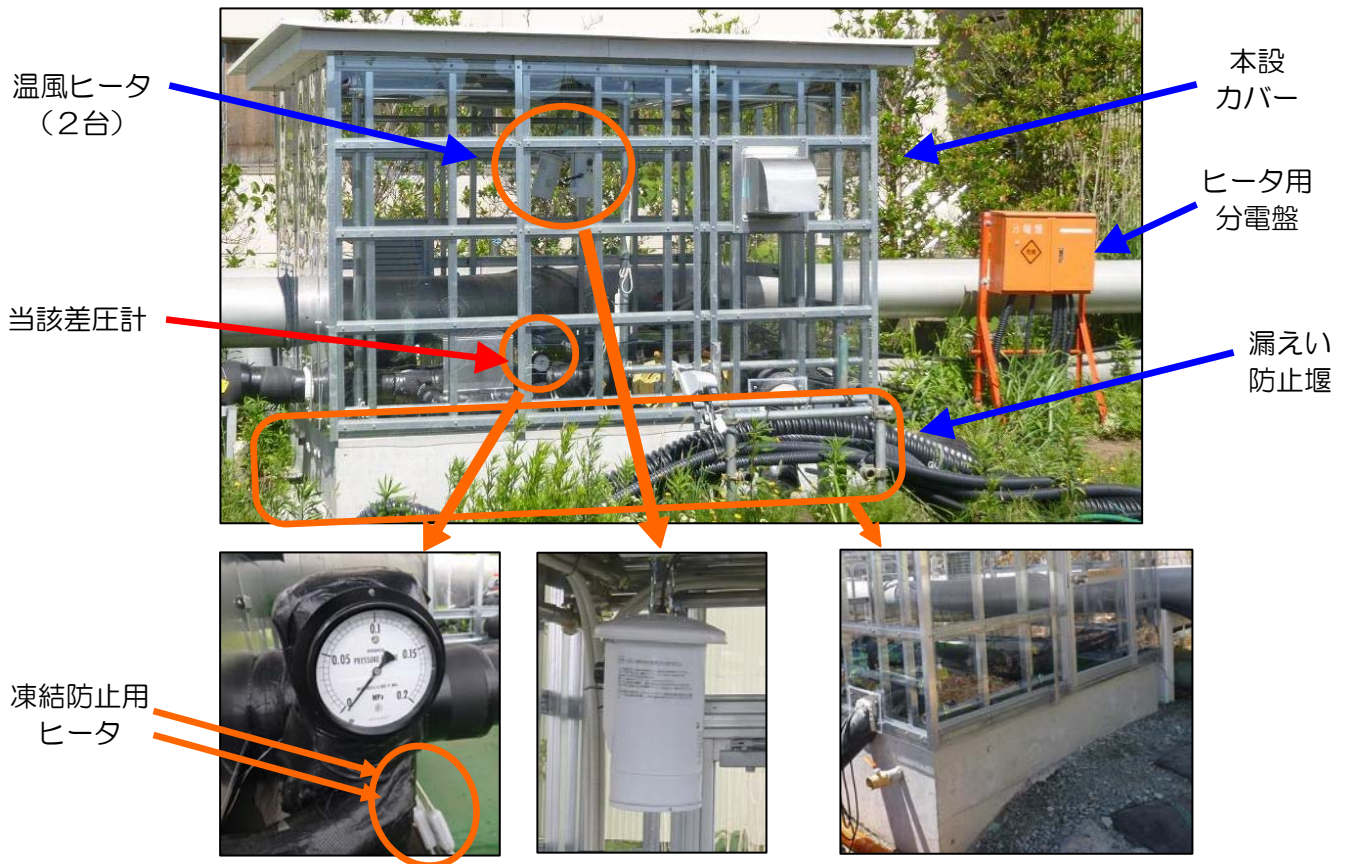
ダブルストレーナ周辺における対策実施状況

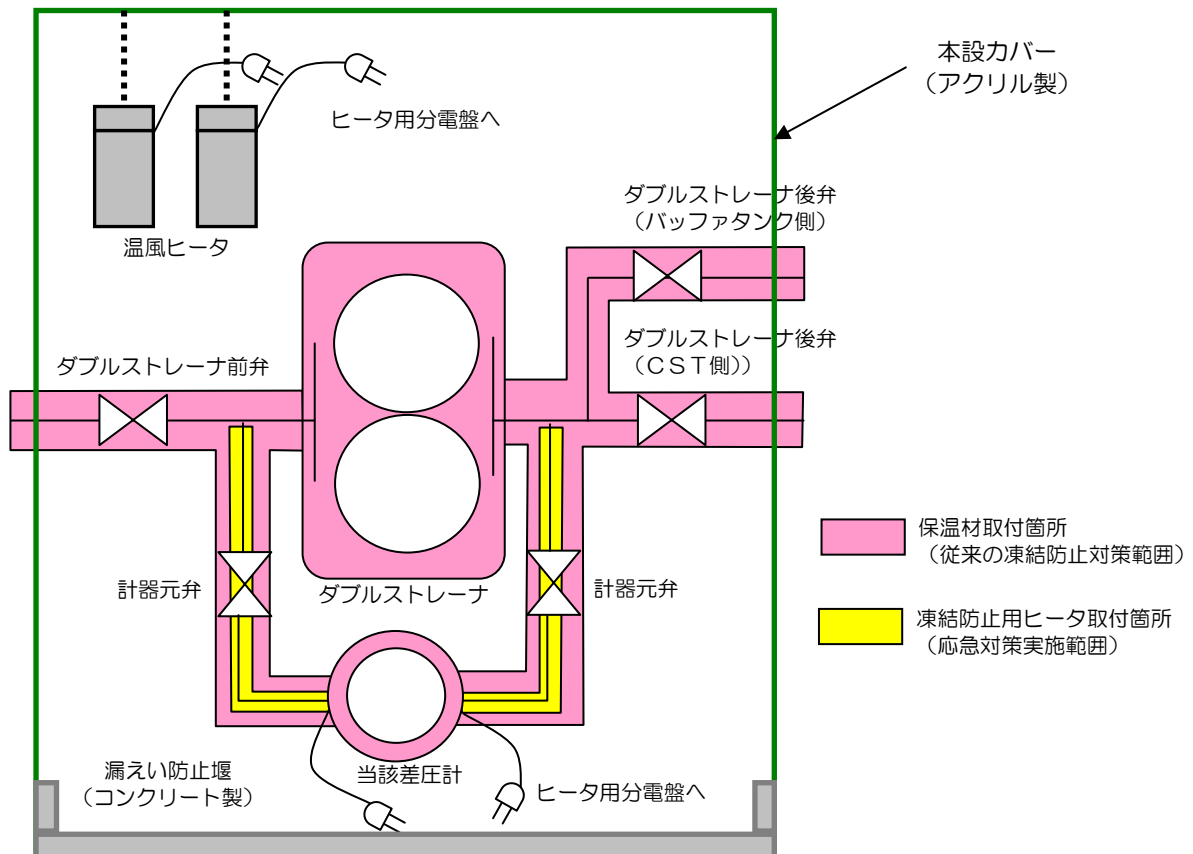
温風ヒータ
（２台）

本設
カバー

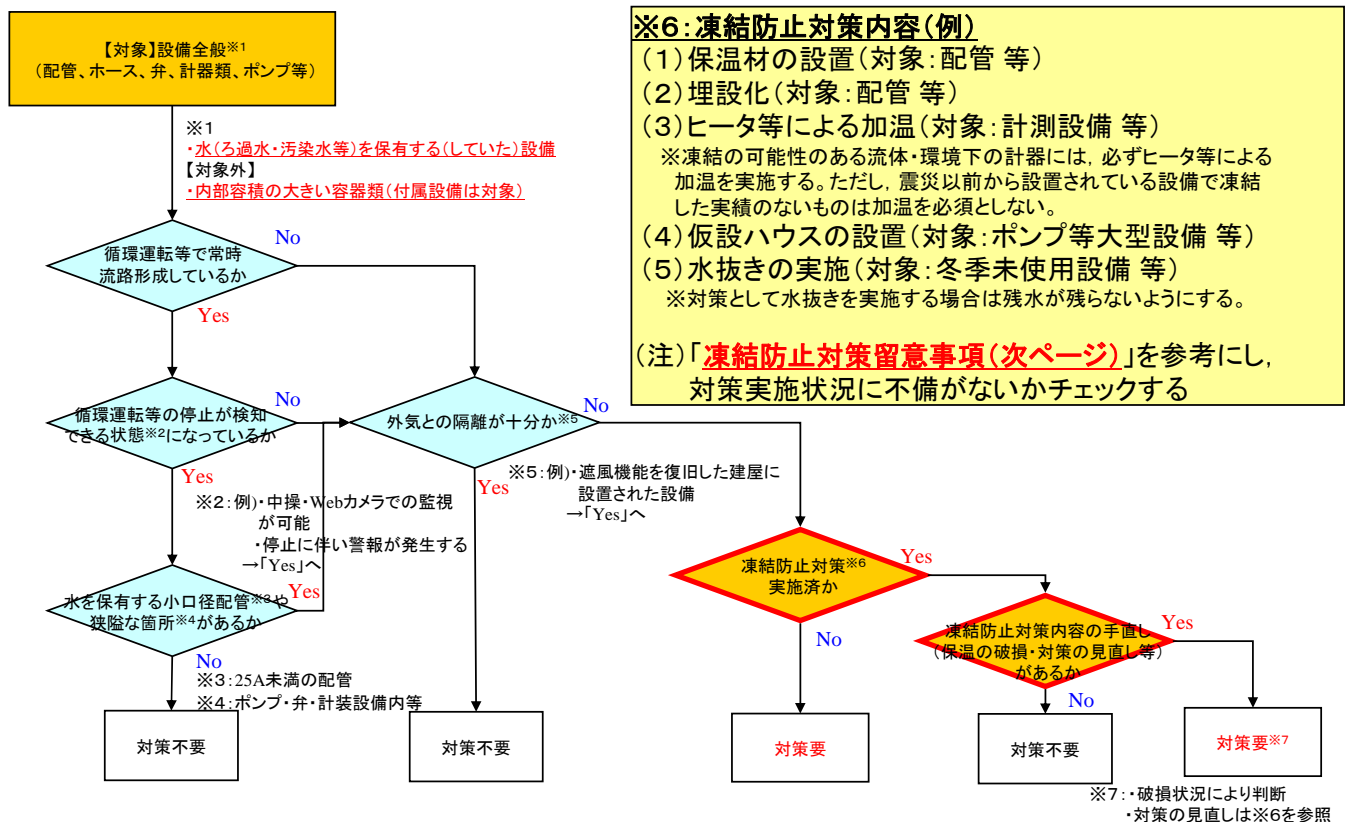
ヒータ用
分電盤

当該差圧計

漏えい
防止堰

凍結防止用
ヒータ

当該差圧計への温風ヒータ及び本設カバー取り付けイメージ

凍結防止対策実施フローの見直し

当該差圧計からの漏えい事象に鑑み、屋外や外気との隔離が不十分な場所に設置する計器類のうち、凍結する可能性のある流体を内包している計器類については、凍結防止用ヒータの取り付け、または計器本体及び計装配管内の水抜きを行うこととし、その旨を「凍結防止対策実施フロー」に記載した。（平成２６年９月４日に見直し完了）

凍結防止対策実施フロー（Ｈ２６年度版）

凍結防止対策留意事項

No.	留意事項	方法	経験・知見	対応箇所
①	凍結防止を考慮した作業手順が定められているか確認する	対象設備に係わる工事の作業手順書の確認	**【経験】**配管関係の作業実施のため保温材を取外したが，作業終了後復旧し忘れたため凍結した **【経験】**SFP 循環冷却二次系にて，必要以上の台数のエアフィンクーラを運転したため凍結した	**設備所管箇所実施**
②	凍結の可能性のある流体・環境下の計器には，保温材取付のみではなく，必ずヒータ等による加温を実施する※	保温材の敷設とヒータの設置，または設置場所の暖房	**【経験】**計器本体及び計装配管に保温材と雨風避けカバーを設置していたが，ヒータを設置していなかったため計器が凍結し破損した	**設備所管箇所実施**
③	上水道配管にも対策を実施する	保温材の敷設 ヒータの設置	**【経験】**浄水場浄化装置の配管が凍結し，1F構内各所が断水した（プラント設備ではないが，作業者への影響が大きかった）	**設備所管箇所実施**
④	弁・ポンプ内に残水が残らない構造か確認する	弁・ポンプ内部水抜き	**【経験】**系統の水抜きを実施したが，残留水が発生しやすい構造だった弁ヘッダ内の残留水が凍結し破損した	**設備所管箇所実施** **設備運転箇所補佐** ○水抜きを設備運転箇所へ依頼する場合は，設備所管箇所は留意事項を考慮した適切な実施方法を伝える
⑤	他の作業の影響により凍結防止対策が解除されていないか確認する	対象設備に係わる干渉工事の確認	**【経験】**通常ルールとして「開」運用となっていた弁が，他工事の影響で「閉」運用に変更され，水が滞留し凍結・破損した **【知見】**凍結防止対策実施設備であることを自Gr 内で確実に情報共有する。また，他Gr に対しても念のため凍結防止対策設備であることを周知する	**設備所管箇所実施** **作業実施箇所補佐** ○作業実施箇所は他 Gr 所管設備に対し作業を実施する場合は設備所管箇所へ連絡する
⑥	「新設設備」及び「以前と運用方法が変わった設備」への対策状況を確認する	パトロール時に状況確認	**【知見】**設置後初めて冬季を迎える設備について対策を実施しているか確認する **【知見】**以前と運用方法が変わった設備については現状の対策で適切か確認する	**設備所管箇所実施**
⑦	対策箇所を抽出する際は P&ID 等正式な図面を用いて実施する	P&ID を用いて対策箇所を確認する	**【経験】**凍結防止対策抽出に使用していた図が主要なラインのみを記載した概要図だったため，対策漏れが発生し凍結した	**設備所管箇所実施**
⑧	凍結防止対策として循環運転している設備は万一停止した場合の体制を確立しておく	設備所管・運転箇所の連絡・復旧体制の確認	**【経験】**凍結防止対策として循環運転をしていたが，不具合により停止し，配管内の滞留水が凍結し破損した **【知見】**不具合により循環運転が停止しても早急に対応ができるよう連絡・復旧体制を確認する	**設備所管箇所実施** **設備運転箇所補佐** ○設備所管箇所は循環運転にて凍結防止対策を実施している場合は，循環運転停止時の連絡体制などを設備運転箇所へ周知しておく